الدروس الاولية

في

الفلسفة الطبيعية

(تأليف)

الرجكسن معلمة الفلسفة الطبيعية واللغة الانكليزية
في مدرسة البنات السورية الانجيلية سابقاً

بامر العلامة الاجل والحبر الاكمل شمس العلماء مولانا احمد
ناظر المدرسة العالية في كلكتة

قد انطبع تحت ادارة العبد المسكين الحاج محمد قمر الدين
بماه ستمبر سنة ١٩١١ء

في المطبع القيومي الواقع في كانپور

فهرس الکتاب

مقدمة

امابعد فانی لما رأیت المؤلفات فی هذا الفن باللغة العربية لاتناسب لتدريس التلامذة كتلميذات المدرسة السورية الانجيلية امالطول عهدها ولانها قد كتبت لغاية اخرى كتدريس تلامذة المدرسة الكلية بذلت جهدی فی استخلاص بعض الدروس الاولية للتدريس فی مدرستنا السورية ولما عزمت على طبعها اشار علیّ بعض اهل العلم بتوسيع مباحثها وتكثير موادها لتكون موافقة للتدريس فی المدارس ولمطالعة الجمهور والعيال. فاستخلصت هذا الكتاب من كتب عديدة مختلفة اللغات ولم استثن منها الكتب العربية ككتاب المعلم اسعد الشدودی فی الفلسفة الطبيعية وغيره وجمعت فيه اكثر الاكتشافات والاختراعات العلمية الحديثة. وافرغت جهدی فی جعله بسيطا سهل المأخذ وافيا باحتياجات الجمهور مفيدا فی تثقيف عقول الطلبة وتنوير اذهانهم وطبعت اكثر متنه بالحرف الكبير وشرحه بالحرف الصغير لتسهل مراجعته على التلميذ وتتوفر فوائده للمطالع وهنا

اعترف بوجوب الشكر لجناب المعلم فارس غرب. ع

لانه اخذ بيدی فی تاليف هذا الكتاب

وضبط الفاظه ومعانيه



الباب الاول

فی المادة وصفاتها

المقدمة

(١) حدود :: المادّة (او الهيولی) كلّ شیءٍ نشعر به بحواسنا . والجسم جزء من المادّة كبيراً كان او صغيراً كالكرسی والقلم والنخلة . والجوهر الفرد او الجوهر جزءٌ صغير جدّاً من المادّة لا يتجزأ . والدقيقة اصغر جزء من المادة يتجزأ بالوسائط العملية المعروفة بالميكانيكيّة . وهی تحتوی على عدد من الجواهر . فالجسم هو ما تألّف من دقائق والدقيقة ما تألّفت من جواهر والجوهر اصغر اجزاء المادة

مثال ذلك ان الماء فی كأس جسم مؤلف من دقائق كثيرة وكل دقيقة مؤلفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين

(٢) صفات المادة :: صفات المادة وتسمى ايضاً خصائصها نوعان صفات عامة و صفات خاصة . فالصفات العامة هی التی يشترك فيها كل الاجسام . والصفات الخاصّة هی التی يشترك فيها بعضها .

مثال الاثنين . ان الذهب جسم ذو ثقل ولون اصفر . فالثقل صفة عامة لانه لا يختص بالذهب فقط بل يوجد فيه وفی بقية الاجسام ايضاً . واما اللون الذهبیّ فصفة خاصة لانه لا يوجد فی كل الاجسام بل يختصّ ببعضها فقط ولا سيما الذهب . مثال آخر . ان لوح الزجاج ذو شكل وقصف ای سريع الانكسار . فالشكل يوجد فی كل جسم وليس فی الزجاج فقط فهو صفة عامة واما القصف فيختص ببعض الاجسام فقط ولا سيما

الزجاج فهو صفة خاصة وقس على ما ذكر۔

(۳) تغير المادة :- تغير المادة على نوعين تغير طبيعى وتغير كيماوى. فالتغير الطبيعى يلحق صفات المادة العامة والتغير الكيماوى يلحق الخاصة

مثال ذلك. اذا طرقنا الليرة تنطرق وتتغير عن هيئتها فتصير ورقا رقيقا يعمى فى بورق الذهب ولكن صفاتها الخاصة كاللون وغيره مما سيجئ تبقى غير متغيرة فتغير هيئتها هو التغير الطبيعى. وكذلك اذا صهرناها على النار فانها تذوب وهيئتها تتغير ولكن صفاتها الخاصة تبقى على حالها. ولكن اذا وضعناها فى حامض من الحوامض فتذوب وصفاتها الخاصة تتغير. فتغير صفاتها الخاصة هو التغير الكيماوى

مثال آخر. اذا سحبنا مسمارا حتى صار شريطا فصفات الحديد الخاصة لا تتغير واما اذا وضعناه فى الماء فتتغير صفاته الخاصة ويصير احمر لينا فصفاحشنا بالصدإ كما لا يخفى فالاول هو التغير الطبيعى والثانى هو التغير الكيماوى۔

فبهذا الاعتبار تنقسم العلوم الطبيعية قسمين الفلسفة الطبيعية والكيمياء. اما الفلسفة الطبيعية فهى علم يبحث فيه عن تغير المادة تغيرا طبيعيا. واما الكيمياء فهى علم يبحث فيه عن تغير المادة تغيرا كيماويا۔

مسائل للتمرين :- اذا امغنطنا سكينا حتى تصير ترفع الابرة أتكون قد تغيرت تغيرا طبيعيا أم كيماويا. واين يبحث عن ذلك أفى الفلسفة الطبيعية ام فى الكيمياء. اشتعال الفحم تغير طبيعى ام كيماوى. وكذلك حدوث البخار. وتكون الندى. وسقوط الحجارة. ونمو الاشجار وطيران الطيارات وقطع الحطب. وترفع البارود. وغليان الماء وذوبان الحديد. وجفاف الاثواب. وجمود الماء۔

الفصل الاول

فى صفات المادة العامة

(۷) قلنا ان صفات المادّة نوعان عامة وخاصّة. اما الخاصّة فسيأتى الكلام عليها واما العامة فلا بدّ من وجودها فى كل جسم ولا يمكننا ان نتصور المادّة بدونها. واشهرها الامتداد وعدم التداخل والتجزؤ والمسامية والاستمرار والبقاء وعدم الملاشاة.

ولنشرح کلا منها بالتفصیل ۔

(۵) الامتداد : الامتداد هو کون الجسم یشغل حیزا ای فسحة ذات سطوح هی حدود الجسم. ویسمی مقدار الحیز الذی یملأه الجسم حجما. ولکل جسم امتداد ای طول و عرض وعمق وهذه الامور الثلاثة تعرف بالقیاس. اما القدماء فکانوا یقیسونها ببعض من اعضائهم کالقدم والذراع وطول الاصبع وعرضها وعرض الید والشبر و غیر ذلک. واما المتاخرون فاصطنعوا القیاسها مقاییس مخصوصة اشهرها المقیاس الانکلیزی والمقیاس الفرنساوی ۔

(۶) عدم التداخل : عدم التداخل هو کون الجسم لا یشغل الاحیزا واحداً فی وقت واحد. فاذا حل جسم فی مکان فلا یمکن ان یحل جسم آخر فی نفس المکان الذی هو فیه

مثال ذلک - اذا وضعنا کتابا علی کرسی فلا یقدر احد فی العالم ان یضع کتابا آخر فی مکانه وهو فیه واذا اردنا ان نملأ قنینة ماء من قمع فی فمها فلا یمکن ان ینزل الماء الیها ان لم یصعد منها الهواء اولا فی فقاقیع غیر ان البعض قد یتوهمون خلاف ذلک فیزعمون ان المسمار یتداخل فی الخشب اذا دقه فیه النجار وان الابرة تتداخل فی القماش اذا انفذها فیه الخیاط. والصواب ان المسمار لا یتداخل فی الخشب بمعنی انه یشغل وایاه حیزا واحدا فی وقت واحد بل یبعد من امامه دقائق الخشب ویفتح لنفسه حیزا وکذا الابرة ۔ والبعض یتوهمون انه یحصل تداخل اذا انزلنا حصی دقیقة فی کاس ملآنة ماء ولم ینصب الماء منها. والصحیح ان سطح الماء تحدب فیشغل بذلک حیزا عوضا عن الحیز الذی شغلته الحصی ۔

(۷) التجزؤ : التجزؤ هو کون الجسم یقبل الانقسام. فمهما کان الجسم صغیرا یمکن قسمته الی اقسام اصغر منه ویتضح ذلک من الامثلة الآتیة وهی ۔

ان بعض العناکب تنسج بیوتها بخیوط دقیقة کل منها مؤلف من اربعة خیوط ادق منه وکل واحد من هذه الاربعة مؤلف ایضا من الف خیط وکل واحد من الالف یخرج من قناة مخصوصة فی جسم العنکبوت وقد دقق احد العلماء الجرمانیین فی فحص هذه الخیوط فوجد انه اذا ضم . . . . ۴ خیط منها الی خیط واحد لم تکن اغلظ من شعرة واحدة من شعر لحیته. ولما کان کل خیط منها مولفا من اربعة الاف خیط ادق منه کما تقدم فکل خیط من الخیوط الدقیقة یساوی غلظه ۱۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰

من غلظ شعرة واحدة من شعر البشر ولذلك قيل ان نصف ليبرة من خيوطها الغليظة تحيط بكرة الارض اذا جعلت خيطا واحدا ولفّت حولها. مع انه لو مددنا تلغرافا حول الارض على خط الاستواء لاقتضى له خمسون الف الف ليبرا من الشريط المعتاد

اذا وضعنا قمحة من الستركنين[1] فى ٠٠٠٠٥،١ قمحة من الماء شعرنا بطعمها فى كل قمحة منه . ففى كل قمحة من الماء اذا ١/٠٠٠٠٥،١ من قمحة من الستركنين وهذا المقدار الصغير يشعر به من يذوقه

واذا ذوبنا قطعة من الفضة بقدر ١/٠٠٠٠٠٠١ من القيراط المكعب فى الحامض النتريك . ثم صببناها فى مئة قيراط مكعب من الماء واذبنا فيها قليلا من ملح الطعام ينعكر المذوب ويصير ابيض لبنيا ويبقى هذا اللون ظاهر العين ولو فى مايساوى ١/٠٠ من القيراط المكعب وفى ذلك من الفضة ١/٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١ فقط من القيراط المكعب[2]

واذا فحصنا الهباء الذى نراه يسطع فى البيوت من ضوء الشمس وجدنا كثيرا منه بزر نبات . فاذا وقع هذا البزر على ارض رطبة نما وتكونت منه العفونة . ثم اذا فحصناها بمكرسكوب رأيناها غابا كثير الاشجار مشتبك الاغصان حال كون العين وحدها لا تميز شيئا من ذلك -

ففى هذه الامثلة ندرك صفة التجزؤ بحاستى الذوق والبصر فاذا عجزت حاسة البصر عن ان تدركها مجردة استعنّا بالعين المكرسكوب كما تقدم - ويظهر من هذه الامثلة ان هذا التجزؤ لا ينتهى بل ان المادة تقبل الانقسام مهما صغرت اقسامها ولكن رأى الفلاسفة انه وان كان التجزؤ لم يثبت بالتجربة فهو ينتهى فى الواقع عند حد معين ويعرف رأيهم هذا بالرأى الجوهرى -

(٨) **الرأى الجوهرى : هو ان المادة مؤلفة من اجزاء على غاية الصغر تسمى جواهر وان لكل جوهر منها شكلا ولونا وثقلا ونحوها وانها تبقى على حالها ابدا فلا يلحقها تغير طبيعىٌّ ولا كيماوى وهذه الجواهر لم يرها احد ولا برهان قطعىٌّ على وجودها ولكنها توافق العلوم ولا سيما علم الكيمياء ولذلك اجمع العلماء على قبولها -**

---

[1] الستركنين ضرب من السم وهو كثير الاستعمال فى الطب دواءً

[2] يظهر عظم هذا العدد ١/٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١ من الفرض الآتى وهو : انه لو ابتدأ آدم يعد واحدا كل ثانية من ساعة خلقه المعهودة الى الآن ماكمل ربعه . ولو ابتدأ هو وحواء معًا فى العد واشتغلا ليلا ونهارا على المعدل المذكور لما اتما العد الا بعد مضى نحو عشرة آلاف سنة من الآن فكيف بمن العدد ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١

ويستعان على تصور هذه الجواهر وصغرها بما يأتي. ان بعض الحيوانات لشدة صغرها لا ترى بالعين ان لم تستعن بالمكرسكوب فان ملايين منها تعيش في نقطة ماء صغيرة تعلق برأس الابرة مثلاً و تنمو هناك و تتكاثر و تموت كما تعيش حيوانات البر في القفار وحيوانات الماء في البحار. ويسطو بعضها على بعض ويقاتل ويفترس بعضها بعضاً كالكواسر والجوارح. وهي كثيرة الوجود وقلما يخلو منها مستنقع في ايام الصيف. وتصعد في البخار الذي يتصاعد عن الماء بحرارة الشمس وتطير في الجو مع المياه ثم تعيش وتتكاثر حيثما نزلت ووافقتها الرطوبة والحرارة. ومع كل صغرها فقد تجمع منها افواج لا تحصى حتى تكون منها طبقات متسعة من الصخور الطباشيرية في الارض. فاذا فحصنا تربة طرابلس التي يصقل بها رأيناها مؤلفة من هياكل هذه الحيوانات التي لا يساوي وزن هيكل منها اكثر من ......١٠٧ من القمحة وكذلك اذا فحصنا الطباشير رأيناه مؤلفاً من اصداف دقيقة على غاية الصغر. فالذي يفكر في صغر الحيوانات التي كانت عائشة فيها يكاد يعجز عن ادراك اجسامها بجملتها فكيف اذا قيل له ان لكل حيوان منها معدة او اكثر لهضم طعامه والاغتذاء به وان طعامه لا يدخل الى معدة ولا يغذيه الا بعد ما يدور في اقنية منعددة في جسمه. ثم لا يخفى ان طعام هذه الحيوانات مؤلف من دقائق سائلة ودقائق جامدة كاطعمة باقي الحيوانات فمنه الدقائق هي بالضرورة اصغر من كل ما ذكر حتى يكاد صغرها لا يدرك. ولكنها مع ذلك مؤلفة من اجزاء اصغر منها وهي الجواهر التي تتألف منها الدقائق كما تقدم -

(٩) المسامية : المسامية هي كون الجسم ذا مسام كبيرة كانت حتى تراها العين كما في ثقوب الخبز والاسفنج والفخار او صغيرة حتى لا تراها العين كما انها لا ترى الجواهر وسبب وجود المسام في الاجسام هو ان دقائق الجسم لا تلتصق بعضها ببعض التصاقاً تاماً بل يبقى بينها فسحات صغيرة فاصلة بين دقيقة واخرى

(١٠) المسام والجواهر : ان المسام الصغيرة وان تكن لشدة صغرها لا ترى بالمكرسكوب فهي اكبر من الجواهر بما لا يقاس. فلو تصورنا ان في المسام حيواناً صغيراً جداً جداً بحيث يعيش على جوهر من الجواهر كما يعيش انسان منا على الارض. وفرضنا ان ذلك الجوهر واقع في وسط حجر لكان الحيوان المشار اليه يرى اقرب الجواهر اليه بعيدة

جدا عنه كما نرى نحن الشمس والقمر والنجوم وبما كان يحتاج لمعرفة تلك الجواهر نظارات كبيرة كما نحتاج نحن اليها لمعرفة الاجرام السماوية - فيظهر من ذلك اتساع المسام بالنسبة الى الجواهر . وتتضح المسامية بالامثلة الاتية

اولاً . اذا ملأنا كأساما يمكن ان نزيد ها ملحا كثيراً بدون ان نشعر بزيادة حجم الماء وانما ينبغى ان نزيد الملح شيئا فشيئا ليذوب ويفلت الهواء منه فى فقاقيع . ثم يمكن بعد هذا ان نزيد كثيراً من دقيق السكر وبعده جسما آخر يقبل الذوبان ويبقى الماء قدر ما كان اولاً . والسبب فى عدم ازدياد الماء هو ان دقائق السكر اصغر من دقائق الملح ودقائق الملح اصغر من دقائق الماء فتحل دقائق الملح فى المسام التى بين دقائق الماء ودقائق السكر فى المسام التى بين دقائق الملح - كما اذا ملانا صحنا برتقالاً فانه يسع فوقه كثيراً من الحمّص وفوق الحمّص مقداراً من الحصى الصغيرة وفوق الحصى رملا وفوق الكل قليلا من الماء

ثانيا . اخذ بعض اهل فلورنسا بايطاليا كرة مجوفة من الذهب وملأها ماء ثم سدها سداً محكما وضغطها من الخارج فتسطحت قليلا وصغر حجمها فخرج الماء من مسامها وتجمع على سطحها نقطا كنقط الندى . فتحقق من ذلك ان الذهب ذو مسام ومسامه اكبر من دقائق الماء - وكان ذلك فى القرن السابع عشر -

ثالثا . ان الذين يريدون تجربة المدافع الكبيرة يضغطون الماء فيها حتى يرتشح من مسامها ويصير زبدا على سطوحها ثم يتجمع ويقطر عنها -

رابعا . ان الاعمدة الحجرية والقناطر تنضغط احيانا فتقصر اذا كانت تحت بناء عظيم لزيادة ثقله . قيل ان اعمدة البانثيون[1] فى باريس قد قصرت بسبب ما عليها من الثقل -

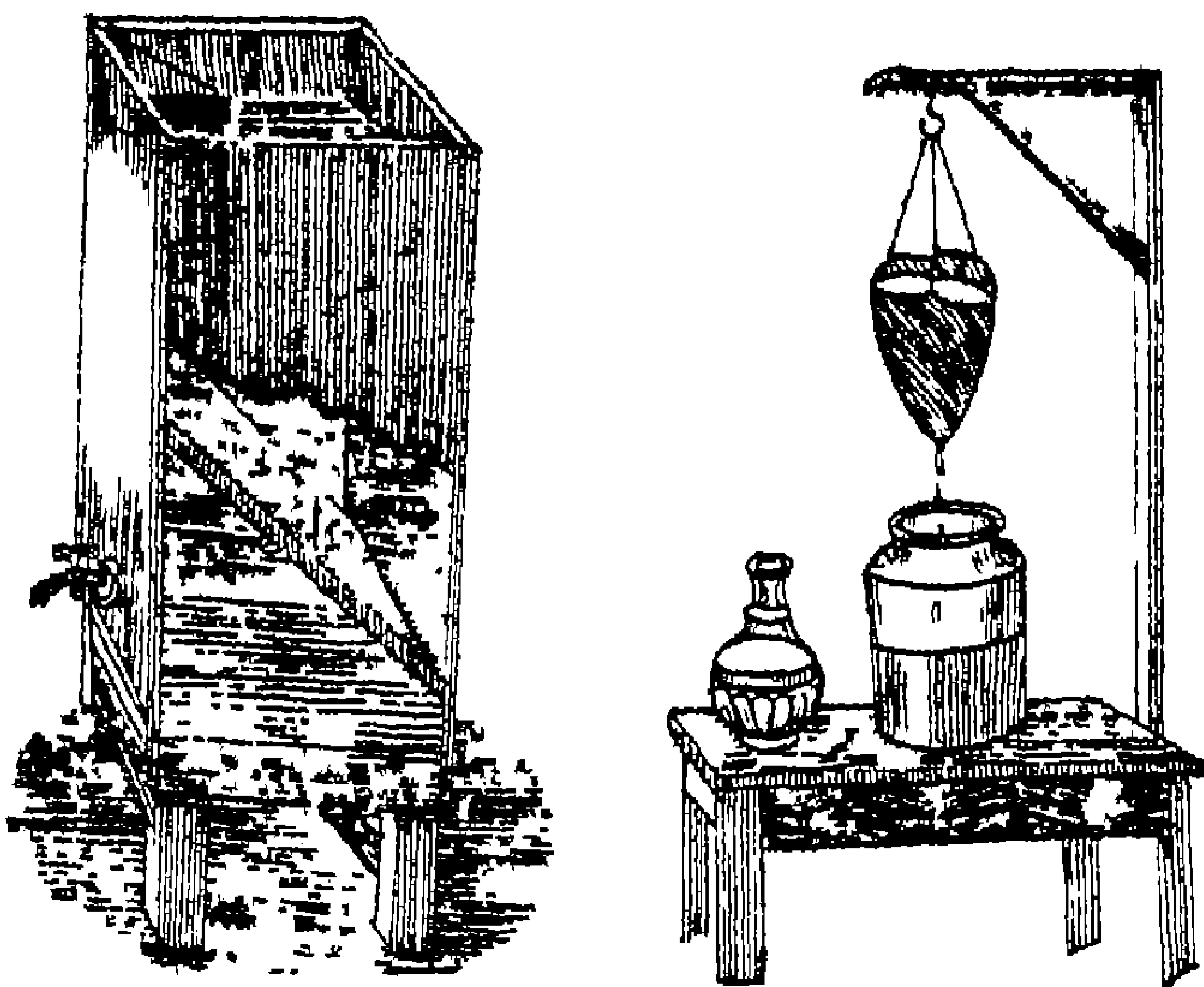
خامسا . اذا اطمرت النار فى الرماد لا تنطفئ لان الرماد ذو مسام فيدخل منها ما يكفى من الهواء لاشتعال الفحم اشتعالا بطيئا فلا ينطفئ

سادسا . ان الكيماويين والصيادلة والعطارين وغيرهم ينتفعون بالمسامية فى ترشيح المواد وتصفيتها لان المرشحة لا تصلح الا اذا كانت ذات مسام كما هو معروف . فيوضع فيها السائل المراد

[1] بانثيون ومعناها كل الالهة اسم لكل بناء مستدير مفرز لعبادة جميع الالهة وقد يطلق الآن على الابنية المستديرة المفرزة لجميع القديسين او لغير ذلك . اشهرها البانثيون الذى بناه اغريبا برومية سنة ٢٥ قبل المسيح

تصفيته فتنزل دقائقه من مسامها وتبقى فيها المواد الجامدة كالعكر ونحوه . وعلى هذه الكيفية يصفو الماء فى الطبيعة من الاكدار والاقذار لانه يتخلل الحصى والرمال وينفذ من الخلايا التى بينها نقيًّا صافيا . وعلى هذه الكيفية ايضا يصفون الماء فى الحياض فانهم يقسمون الحوض فى الوسط ويضعون فى الجانب الواحد رملًا وفحما وفى الجانب الآخر الماء فيجرى الماء من خلال الرمل والفحم ويتنقى . وهكذا تصنع المراشح الصغيرة ايضا وهى عبارة عن صندوق يملأ حصى وفحما الا قليلا منه وفى اعلاه وعاء يصبُّ فيه الماء فيتحلب الى اسفل الصندوق ويخرج من هناك بحنفية كما ترى فى الشكل الاول

سابعًا . ان الغازات اجسام ذات مسام كما يظهر من انا اذا ملأنا وعاء غازا من الغازات فالوعاء يسع غازا غيره ايضا وهو ملآن كان الغاز الاول غير موجود . وسبب



الشكل ١

ذلك هو ان دقائق الغاز الثانى تدخل بين دقائق الغاز الاول وتستقر هناك وهذا معنى قولهم " الغاز الواحد فراغ للآخر "

(١١) الاستمرار : الاستمرار هو بقاء المادة على حال واحدة من الحركة او السكون لانها لا تقدر من نفسها ان تتحرك اذا كانت ساكنةً ولا ان تسكن اذا كانت متحركة . فاذا تركنا كتابا فى مكان ثم رجعنا ولم نجده علمنا ان شخصًا اخذه من مكانه لانه لا يقدر ان ينتقل من ذاته . وكذلك اذا رمينا حجرًا فالحجر يبقى متحركًا الى الابد ان لم يعرض له ما يوقفهُ عن حركته . على ان من لم

يتفكر فى ذلك يظن ان كل الاجسام من طبعها السكون فاذا قيل له ان الكتاب لا ينتقل من نفسه بل يبقى ساكناً سلم بديهاً واما اذا قيل له ان الحجر يبقى متحركاً الى الابد اذا لم يوقفه شئ آخر استصعب تصديق ذلك لان المشاهدة تدل له على ان الحجر يسكن بعد ما يتحرك . والصواب ان الحجر لا يسكن الا لاسباب تقاومه عن الحركة كما سيأتى مفصلاً . ويتضح الاستمرار بالامثلة الآتية -

اولاً - اذا كانت عربة ساكنة واردنا ان نمشيها لزم لذلك قوة عظيمة حتى يتغلب استمرارها على السكون ولكن اذا تحركت لم يعد يلزم لتمشيتها كل تلك القوة . واذا اردنا ان نوقفها وهى جارية التزمنا ان نبذل لذلك من القوة ما بذلناه لتمشيتها وهى ساكنة

ثانياً . اذا كانت عربة جارية وقفز منها انسان يخشى عليه ان يضر نفسه وذلك لان سرعة جسده تكون كسرعة العربة بسبب الاستمرار فمتى لامست قدماه الارض تقفان واما جسده فيبقى مسرعاً سرعة العربة فيقع . ولذلك لا يأمن الانسان ضرر القفز الا اذا قفز الى الجهة الجارية اليها العربة ولم يقف عندما تلامس قدماه الارض بل يركض قليلاً حتى يتغلب على استمرار جسده فيه وحينئذ يكف شاء ثالثاً . اذا نفضنا ثوباً من الغبار بعد الثوب بغتة بحركة النفض السريعة عن دقائق الغبار الملتصقة به وتبقى دقائق الغبار فى موضعها بسبب استمرارها على السكون فتنفصل عنه . وكذلك اذا اردنا ان ننفض كتاباً نضربه بآخر فيتحرك هو وما عليه من الغبار حركة سريعة ثم انه يقف بملامسة الكتاب الآخر له واما الغبار فيبقى متحركاً بالاستمرار فينفصل عنه -

مسائل للتمرين :- اذا ركض فرس بفارس ثم وقف بغتة فالى اى جهة يسقط الفارس اذا وقفنا فى قارب فلماذا نميل الى الوراء عند ما يبتدئ القارب فى السير . اذا طاردنا مطارد فلماذا ننجو منه بالتعريج عن جهة الركض . اذا ادارت عربة بزاوية فلماذا يخشى انقلابها . اذا وضعت كرتونة على اصبعك ووضعت على الكرتونة درهماً يمكنك ان تدفع الكرتونة ويبقى الدرهم على اصبعك فما تعليل ذلك . لماذا لا يبقى ما على لوحة الخباز من الخبز فى فرن النار اذا ادخلها الى الفرن ثم سحبها بسرعة . اذا اردنا ان نقفز قفزاً

كثيراً قلما ذا انظيل الجوى قبلة - اذا ركبت فرساً فكيف قيل عند ما تركضه او توقفه او تدبيره فى دائرة

(١٢) البقاء او عدم الملاشاة :- هو كون المادة لا تفنى الا بامر خالقها فهما فعلنا بها لا نلاشيها وانما نغيرها من صورة الى اخرى. فاذا قطعنا شجرة مثلاً ثم نشرناها الواحاً وبنينا من الالواح بيتاً فاحترق البيت ولم يبق منه الا الرماد لا تفنى المادة[له] بل تبقى جواهرها نفسها فى الرماد وما تصاعد عنه من الدخان وغيره ولا تتغير تلك الجواهر لوناً ولا ثقلاً خلافاً للقدماء فانهم كانوا يزعمون ان الجسم اذا احترق يتلاشى بعض مادته حتى اوضح فساد ذلك الفيلسوف لافوازيى بان حرق جسماً وجمع كل ما تطاير عنه وما بقى منه ووزنه فلم يجد فيه نقصاً

(١٣) الانضغاط :- هو تضيق المسامية اى تقريب دقائق الجسم بواسطة ضغط بعضها الى بعض حتى تصغر الفسح بينها فلا انضغاط بدون مسامية فهو دليل عليها وتمتاز به الغازات لانها تنضغط اكثر من الجوامد والسائلات. واما الجوامد فيلزم لضغطها قوة اشد من القوة التى تنضغط بها الغازات. واما السائلات فلا تكاد تنضغط على الاطلاق ولذلك انكر الناس انضغاطها زماناً طويلاً. وهى وان كانت تنضغط لم يقدر الانسان ان يستخدم انضغاطها لعمل من الاعمال -

(١٤) الثقل :- هو صفة من صفات المادة العامة ولكنه ليس لازماً لها اذ يمكننا ان نتصور مادة لا ثقل لها. وهو نتيجة الجاذبية فلولاها

له يحكى ان السر ولتر رالى كان ذات يوم يدخن عند اليصابات ملكة الانكليز فقال لها انى اشارط على معرفة ثقل هذا الدخان الصاعد عن غليونى فشارطته على ذلك فلما فرغ وزن ما بقى فى غليونه من الرماد وطرحه من وزن التبغ الذى وضعه فى غليونه فبقى وزن الدخان - قيل فاقامت الملكة بما تعهدت به فرحة بانها قد تعلمت شيئاً عن البقاء -

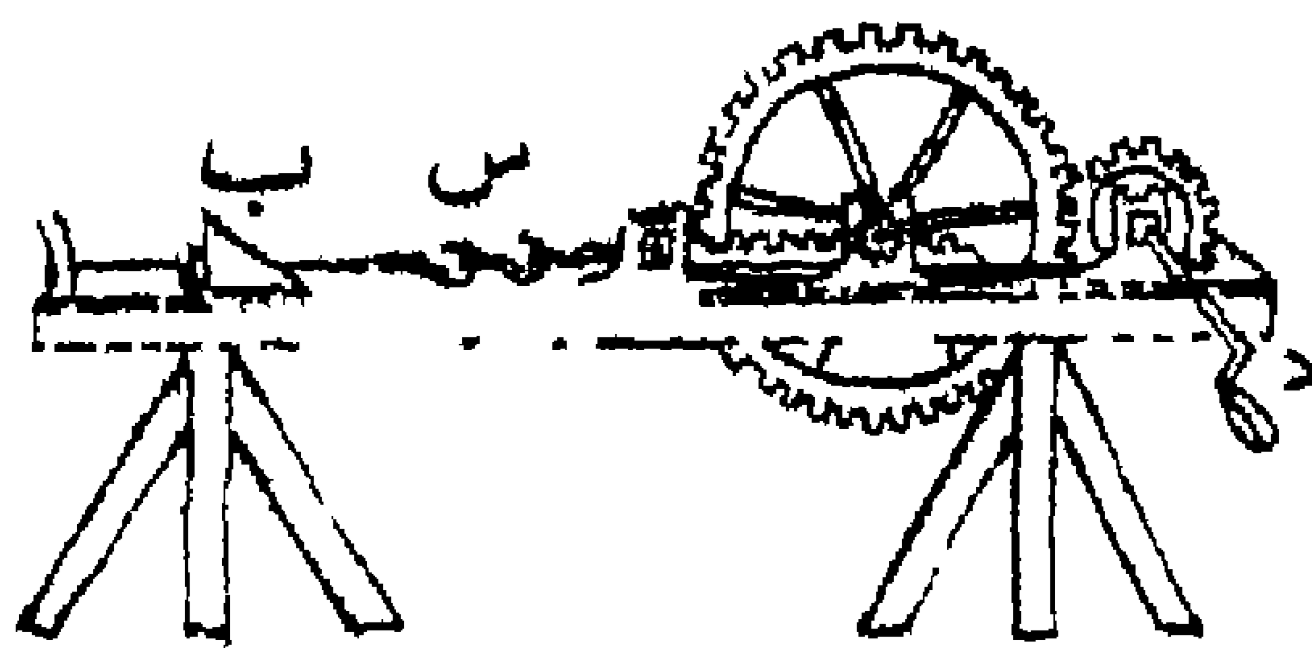
لم يكن للاجسام ثقل ولو كان في الكون جسم واحد
فقط ما كان له ثقل لعدم وجود ما يجذبه
الى جهة من الجهات وسيتضح ذلك
بالتفصيل ان شاء
الله

الفصل الثاني

في صفات المادّة الخاصّة

(١٥) انا تكلمنا في ما سبق عن اشهر صفات المادّة العامة والآن نتكلم عن صفاتها الخاصة فنقول. الصفات الخاصة هي التي تختصّ ببعض الاجسام دون البعض الآخر. واشهرها الانسحاب والانطراق والصلابة والمرونة والقساوة والانقصاف. وكلها حاصلة من تكيف جاذبية الملاصقة تكيفات شتى. وسيأتي الكلام على جاذبية الملاصقة

(١٦) الانسحاب :: هو كون الجسم ينسحب شريطاً وهذه صورة آلة لسحب الحديد شريطاً



الشكل ٢

فالحرف ب يدل على صورة صفيحة من الفولاذ متقوبة ثقوباً تتناقص في الاتساع بالتدريج. والحرف ا على صورة قضيب من الحديد مرأس من احد طرفيه حتى يدخل في الثقوب. وبعد دخوله يمسك بكلابتين س ويدار الدولاب بالمقبض د فيسحب الكلابان القضيب فيستدق ويستطيل ثم يُدخَل في ثقب اضيق من الثقب الاول ويُسحَب كما سحب اولاً. ثم يُدخَل في ثقب آخر اضيق من هذا وهلم جرّاً حتى يصير في الثخن المطلوب. وتختلف سرعة السحب من قدم الى ست اقدام في الثانية حسبما يراد شكل الشريط ونوعه وتدهن الثقوب جيداً بدهن او شحم وبعدما ينسحب القضيب بضع مرات يقل انسحابه فيلين باحمائه في الكور ثم يترك ليبرد رويداً فيصير شريطاً. وكلما ازداد الحديد سحباً ازداد صلابة فاذا كان قضيب منه مقطوعه ربع قيراط مربع يحمل مئة وعشرين قنطاراً فاذا انسحب شريطاً غليظاً حمل مئة وستين قنطاراً واذا انسحب شريطاً دقيقاً حمل ثلاث مئة وستين قنطاراً

وا علم ان الذهب والفضة والبلاتین[له] اقبل المعادن انسحابا - فاذا البّسنا قضیبا من الفضة غلظه قیراط ورق الذهب ینسحب حتی یصیر دقیقا کالشعرة ویبقی الذهب علیه منسحبا معه وعلی ماتقدم یمکن ان ینسحب ۳۶ درهما من الذهب حتی یذهّب بها طول مئة میل من خیوط الفضة او النحاس المذهبة التی یطرّز بها - ومع ان البلاتین اثقل من الحدید نحو ثلاث مرات ینسحب شریطا دقیقا الی الغایة حتی تبلغ القیمة منه طول مئة میل - والنحاس ینسحب کثیرا ایضا فانهم ینسجون من شریطه نسیجا کالشبك دقیقا جدًا بحیث یکون فیه سبعة وستون الف ثُقُب فی مساحة قیراط مربع -

(۱۷) الانطراق: هو کون الجسم قابلا للتطریق والتصفیح - واشد المعادن انطراقًا الذهب فانه ینطرق حتی یصیر رقیقًا کالورق ویعرف حینئذ بورق الذهب وهذه طریقة اصطناعه -

توخذ سبیکة من الذهب وتمر مرارا کثیرة بین اسطوانتین من الفولاذ تدوران قریبتین احداهما من الاخری فاذا کان وزن السبیکة اثنی عشر درهما تنطرق حتی یصیر عرضها قیراطا وطولها خمس عشرة قدما - ثم تقص قطعًا طول القطعة منها قیراط ویوخذ منها مئة وخمسون قطعة وتوضع مع قطع من الورق الشدید مساحة القطعة اربعة قراریط مربعة بحیث تلی کل قطعة من الذهب قطعة من الورق - وبعد ذلك تخبط خبطا شدیدا بمطرقة ثقیلة حتی تنطرق قطع الذهب وتصیر کقطعة الورق فی الاتساع - فتُفرزُ من بین الورق وتُقَصُّ کل قطعة منها الی اربعة اقسام فتصیر ۶۰۰ قطعة - ثم توضع کلها فی جلد یستعمله طارق الذهب وتخبط ثانیة وتنشر بالتنفس علیها وتُقَصُّ ایضا کل قطعة منها الی اربعة اقسام فتصیر ۲۴۰۰ قطعة - ثم توخذ هذه وتخبط ثالثة وتخرج وتنشر وتقصُّ وهکذا حتی یصیر سمك ۳۶۰۰۰۰ ورقة منها معًا قیراطًا واحدا - فتسوی حینئذ وتوضع خمسًا وعشرین خمسًا وعشرین بین اوراق کتب صغیرة ÷ ومن الاجسام المنطرقة جدا النحاس الاحمر فان النحاس یصطنع مغرفة مجوفة محکمة بتطریق کتلة غلیظة منه -

[له] البلاتین معدن ابیض اللون کالفضة وهو اثقل جمیع المعادن واقسی من الحدید -

(١٨) الصلابة : هى كون الجسم يعسر تفريق اتصاله او مطه. واصلب المعادن الحديد فان شريطة منه قطرها ٠٫٧ من القيراط تحمل ثقل ٥٠٠ ليبرا فلو بدلنا شريط الحديد بشريط رصاص من ثخنه لانقطع بثقل ٢٨ ليبرا فقط۔

(١٩) المرونة : هى رجوع الجسم الى حالته الاصلية بعد ما يكون مضغوطا او ممطوطا او مفتولا فهى على ثلاثة انواع مرونة الضغط ومرونة المط ومرونة الفتل. ولنشرح هذه الثلاثة الانواع بالتفصيل۔

(٢٠) مرونة الضغط : اولا. ان كثيرا من الجوامد تظهر مرونة الضغط فيه بوضوح تام فمن ذلك سيف عرض فى معرض بلندن كان يلتوى حتى يمس رأسه مقبضه ولا ينقصف ويرجع مستقيما كما كان حالما يرفع الضغط عنه. ومن ذلك العاج وتظهر مرونته هكذا : ادهن سطحا صقيلا مستويا من الرخام بزيت ثم ارم عليه كرة من العاج فتترك الكرة اثر مماستها على سطح الرخام وهذا الاثر يتسع كلما زيد العلو الذى ترمى الكرة منه. وذلك دليل على ان كرة العاج تنضغط عند ما تمس الرخام فتتسطح كما تتسطح طابة الهواء اذا اصابت حائطا ونحوه ثم ترجع بالمرونة الى حالتها الاصلية فتندفع عن سطح الرخام كما تندفع الطابة راجعة عن الحائط. اما اللاقونة والدلغان والعجين ونحوها فقليلة المرونة.

ثانيا. ان السائلات لا تنضغط الا بصعوبة كلية ولكن اذا ارتفع الضغط عنها ترجع الى حالها الاولى فهى اذًا مرنة قليلاً۔

ثالثا. ان الغازات تنضغط بسهولة وهى تامة المرونة. فاذا ضغط جسم سطح الماء وكان ضغطه لكل قيراط مربع من الماء يساوى ثقل ١٥ ليبرا لا يصغر حجم الماء الا ١/٢٠٠٠٠ منه فقط

ـله ويتضح ذلك من الجدول الآتى وهو عبارة عن انضغاط السائلات المذكورة فيه تحت هواء ثقله ١٥ ليبرا على كل قيراط مربع

الماء	٥/١٠٠٠٠٠٠	الايثر	١٥/١٠٠٠٠٠٠	الكلوروفورم	٦٥/١٠٠٠٠٠٠
الزئبق	٥/١٠٠٠٠٠٠	الكحول	٩٩/١٠٠٠٠٠٠	ماء البحر	٤٢/١٠٠٠٠٠٠

واما اذا انتقل ذلك الضغط الى غاز فان حجمه يصغر الى نصف ما كان اولا. ويمكن ان يترك الغاز سنين منضغطاً ثم يرجع كما كان حالما يرفع الضغط عنه -

(٢١) مرونة المط: هذه تشاهد كثيراً فى الجوامد وقليلاً فى السائلات ولا وجود لها فى الغازات. مثالها فى الجوامد- اذا مط المغيط وترك يرجع حالاً كما كان واذا لم يترك يبقى شاداً طالباً الرجوع الى ما كان عليه- الا انه هو وبقية الجوامد اذا امطت زماناً طويلاً تفقد مرونتها شيئاً فشيئاً ولذلك يرخى الموسيقيون اوتار الاتهم اذا لم يريدوا ان يضربوا عليها فلا ترتخى. ومثالها فى السائلات. اذا كان على فم قنينة نقطة ماء ومسسناها بقضيب من الزجاج تمط قليلاً ثم اذا تركناها ترجع بالمرونة نقطة مستديرة كما كانت. واما الغازات فلا يظهر فيها شئ من ذلك

(٢٢) مرونة الفتل: هى صفة لبعض الاجسام بها يرجع الخيط الى حاله الاولى بعد فتله وكذلك الشريط بعد ليه. وهى كبيرة المنفعة فى العلوم الطبيعية لانها دقيقة القياس فتقاس بها بعض القوى بدقة عظيمة كما سيذكر فى باب الكهربائية -

(٢٣) القساوة: هى كون الجسم لا يذعن للضغط الا بصعوبة فيقال عن جسم انه اقسى من غيره اذا كان يخدشه او يأكل منه. والقساوة لا تتوقف على الكثافة[1] فالذهب مثلاً اكثف من الحديد ولكن الحديد اقسى من الذهب والزئبق اكثف من الحديد ضعفين مع ان الزئبق سائل والحديد جامد -

(٢٤) الانقصاف: هو كون الجسم سهل الكسر وكثيراً ما يكون فى الاجسام القاسية كالزجاج فانه يخدش الحديد ولكنه سهل الكسر جداً -

---

[1] الكثافة هى مقدار المادة فى جرم مفروض فيقال ان هذا الجسم كثيف اذا كانت مادته كثيرة و دقائقه محشودة متقاربة. وضده اللطيف وهذا يقال غالباً عن الغازات كما ستعلم -



الباب الثانى

فى الجاذبية

الفصل الاول

فى قوتى الجذب والدفع بين الدقائق

(٢٥) تسمى هاتان القوتان[1] بقوتى الدقائق لانهما توجدان فى دقائق المادة و تفعلان على ابعاد لا يشعر بها لصغرها كما يتضح مما يأتى: اذا اردنا ان نكسر حديدة تعسر علينا ذلك لان بين دقائقها قوة تمسكها بعضها ببعض بحيث تبقى متلاصقة وتقاوم قوتنا. وكذلك اذا اردنا ان نضغطها وجدنا ان بين دقائقها قوة تبعد بعضها عن بعض وتقاوم قوتنا مع ان انضغاطها ممكن لابتعاد دقائقها بعضها عن بعض بسبب المسام التى بينها. فيُستنتج من ذلك ان بين دقائق المادة قوتين متضادتين احداهما تجذب الدقائق بعضها نحو بعض وتسمى قوة الجذب والاخرى تدفعها بعضها عن بعض وتسمى قوة الدفع. اما قوة الدفع فتقوى بالحرارة لاننا اذا سخّنا ثلجة مثلا فقوة الجذب تتناقص بين دقائقها وقوة الدفع تتزايد حتى تصير الثلجة ماء اى حتى يصير الجامد سائلا وتتغلب قوة الدفع بزيادة الحرارة حتى يصير ذلك الماء بخارًا. ثم اذا ابطلنا الحرارة وبُرّد البخار يصير ماء ثم ثلجا فيرجع جامدا كما كان۔

[1] القوة هى ما يحدث الحركة او يبطلها كما سيجئ۔

(٢٦) قوة الجذب: واما قوة الجذب فعلى ثلاثة انواع جاذبية الملاصقة وجاذبية الالتصاق والالفة الكيماوية. اما الالفة الكيماوية فتغير الاجسام تغييرا كيماويا والبحث عنها يختص بعلم الكيمياء فلا نتعرض لها هنا. واما جاذبية الملاصقة فهى القوة التى بها تلتصق دقائق نوع واحد فقط من المادة بعضها ببعض وبها يتعلق ما يأتى. واما جاذبية الالتصاق فسيأتى الكلام عليها۔

(٢٧) حالات المادة الثلاث: المادة اما جامدة او سائلة او غازية[١]. وهذه الحالات الثلاث تتوقف على قوة الجذب وقوة الدفع وبعبارة اخص على جاذبية الملاصقة والحرارة. فاذا كانت قوة الجذب اشد من قوة الدفع فى جسم فذلك الجسم جامد. واذا كانت قوة الجذب مساوية تقريبا لقوة الدفع فالجسم سائل واذا كانت قوة الجذب اضعف من قوة الدفع فالجسم غازى. وكل الاجسام يمكن ان تتحول من حال الى اخرى من هذه الحالات الثلاث[٢] فاذا سخنا جسما جامدا كالثلج تحول الى ماء اى الى سائل ثم الى بخار اى الى غاز. وبالعكس اذا بردنا البخار تحول الى ماء ثم الى ثلج. واكثر الجوامد يتحول بسهولة الى السيولة وبعضها يتحول غازا بدون ان يتحول الى السيولة قبلا۔

(٢٨) ان جاذبية الملاصقة تفعل على ابعاد لا يُشعر بها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية۔

اذا اخذنا رصاصتين وقصصناهما حتى تسطحتا ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى وادرناها عليها

---

[١] فى اواسط سنة ١٨٧٩ اجرب كروكس الانكليزى تجارب عديدة امام المجمع الملكى تشير الى وجود حال رابعة للاجسام وراء الغازية۔

[٢] لم يحوّل غاز الاكسجين والهيدروجين والنتروجين الى حالة السيولة الا فى اواخر كانون الثانى سنة ١٨٧٧ بتجارب بكتى السويسرى وكليتى الفرنساوى فثبت بالتجربة ان كل الاجسام قابلة التحويل من حال الى حال۔

قليلا نری انهما تلتصقان عند ما تقترب دقائقها بعضها الی بعض وتظهر متماسة - فالنصاقتين الرصاصتين لا يحدث الاجاذبية الملاصقة التی بين دقائقهما ؛ وكذلك اذا اتفق ان لوح زجاج وقع علی لوح آخر فقد يلتصقان احدهما بالآخر بجاذبية الملاصقة فيقطعهما الزجاج ويصقلهما معًا كانهما لوح واحد ؛ واذا قربنا نقطتين من الزئبق احداهما الی الاخری تبقيان منفصلتين حتی تتماسا فحينئذٍ تتحدان حالا وتصيران نقطة واحدة ؛ واذا قشرنا قطعتی مغيط واحيناهما قليلا ثم ضغطنا الواحدة علی الاخری تتحدان وتصيران قطعة واحدة -

(٢٩) لحم الحديد ؛ ويتضح ذلك ايضا من لحم الحديد - فاذا انقصف قضيب من الحديد بين الحداد واراد ان يلحمه يحميه من طرفی الكسر الی درجة البياض ای حتی يبيض من شدة الحرارة فبذلك تضعف جاذبية الملاصقة فيسهل علی الدقائق ان تتحرك بعضها علی بعض. ثم يضع احد الطرفين علی الآخر ويطرقهما بمطرقة ثقيلة الی ان تتقارب الدقائق وتصير جاذبية الملاصقة فيها قادرة علی ربطها معًا فيلتحم القضيب ويرجع قطعةً واحدة كما كان - ولا يلتحم كالحديد الا البلاتين لان غيرهما من المعادن اذا احمی يذوب قبل ان يبلغ درجة البياض واما الزجاج فيلتحم مثلهما وكذلك الكوتابرخا[١] اذا سُخّن فی الماء كما يفعل صناع اسنان العارية والعجين والشمع والزبدة ونحوها من الاجسام -

(٣٠) السائلات تتجمع فی اشكال كروية ؛ امزج ماءً بالكحول فاذا القيت فی مزيجهما نقطة من الزيت تثبت فی وسطه - فحينئذٍ لا تجذب الارض نقطة الزيت بل دقائق النقطة تتجاذب فتتحرك وتترتب بحيث يصير شكلها كرويا - وكل السائلات تتجمع فی نقط مستديرة اذا تركت لنفسها كما يشاهد فی قطرات الندی والمطر والزئبق وفی محل الخردق[٢]

[١] الكوتابرخا جسم كالمغيط يصنع من عصير بعض الاشجار وهو كثير الاستعمال علی صورة انابيب لجر الماء الی غرف البيوت ونحو ذلك - [٢] الخردق مركب من نحو جزء واحد من الزرنيخ لكل مئة جزء من الرصاص - ويصنع فی ابراج علو بعضها نحو مئتين وخمسين قدمًا - وكيفية عمله انهم يذيبون المركب علی رأس البرج ثم يصبونه فی

وما اشبهه ـ وسبب ذلك هو ان جاذبية الملاصقة تجذب الدقائق الى جهة مركز النقطة فلا تزال الدقائق تتحرك حتى تترتب على صورة كرة لانه حينئذٍ تتساوى جاذبية الملاصقة على دقائقها السطحية اذ الجسم الكروي يكون كل جزء من سطحه على بعد واحد من مركزه

(٣١) الجوامد تكون بلورات قياسية: اذا تحول جسم سائل الى جسم جامد اتخذ على الغالب شكلاً منتظماً لان جاذبية الملاصقة لا تترك دقائقه تجتمع بعضها على بعض بلا ترتيب بل ترتبها وتجمعها فى اشكال هندسية على غاية الجمال والاتقان ـ وتعرف هذه الاشكال بالبلورات ويعرف تحول الجسم السائل اليها بالتبلور ـ ثم ان كل نوع من المادة له بلورات ذات شكل وزوايا خاصة به فبعض المادة بلوراته طويلة دقيقة كالابر وزواياه صغيرة والبعض الآخر بلوراته مكعّبة وهلم جرًّا ـ ومن النظر الى اشكال هذه البلورات وزواياها يعرف نوع مادتها فلو ذوبت اجسام مختلفة فى وعاء واحد ثم جمدت وتبلورت لامكن فاحص بلوراتها ان يعرف تلك الاجسام باختياره السابق من دون ان يكون قد علم بوجودها فى المذوب ـ ومن يتامل فى حسن اشكال هذه البلورات ودقة صنعها وكمال اتقانها ورونقها يحار عقله مما فيها من حسن الذوق واحكام العمل ويقر بعجزه ـ الا ترى بهاء الماس والعقيق والياقوت وسائر الحجارة الكريمة

مصاف فينزل من ثقوبها ويجمع نقطاً مستديرة ويجمد وهو نازل ويقع فى بير ماء صنعت لتتلقاه بعد نزوله حتى لا يصطدم بجسم جامد فتتغير كرويته وليبردها ـ ثم يخرجونه منها ويضعونه فى اسطوانة دائرة مثقوبة ثقوباً متفاوتة فى الصغر والكبر فينزل الصغير من ثقوبها الصغار والذى اكبر منه من ثقوب اوسع وهكذا يجمع انواعاً انواعاً ـ ثم يضعونه مع الرصاص الاسود على دواليب سريعة الدوران فيحتك بالرصاص فيصقل ـ ثم يدحرجونه على سطوح مائلة موضوعة قريبة بعضها من بعض فاذا كانت الخردقة محكمة الاستدارة تقفزت من سطح الى آخر والا قصرت عن ذلك ـ وقد يدحرجونها على سطح واحد مائل فالمستديرة تتدحرج الى اسفله والبقية تتدحرج عن جوانبه فلا تبلغ اسفله ـ

فهذه كلها بلورات صاغتها الطبيعة بامر باريها على مثال الحسن والاحكام. ومثلها رفع الثلج والصقيع فان الانسان اذا نظر الثلج على الارض متغلظا متلبدا حسبه بلا شكل ولا ترتيب ولكنه اذا امعن النظر فيه وجده مؤلفا من بلورات متعددة الاشكال غريبة التركيب على غاية الاتقان والترتيب وكذلك من يراقب سطح الماء وهو يجمد يرى البلورات فيه تتكون من جوانب الوعاء مرتبة في اشكال حسنة. واكثر تراب الارض مؤلف من بلورات متكسرة او متحللة من تاثير الماء والصقيع ونحوهما في صخورها.

ومن رام ان يراقب البلورات ليعرف كيفية تكونها معرفة واضحة فعليه بان يصطنعها بنفسه. فمن جملة الطرق التي تصنع بها ان يضاف الشب الى الماء السخن حتى لا يعود يذوب شيء منه في الماء ثم يمد على وجه الوعاء خيوط من جانب الى جانب ويترك الماء حتى يبرد. فتتكون حينئذ بلورات جميلة ذات ثمانية اجناب على الخيوط وجوانب الوعاء. وكلما طالت مدة التبلور كانت البلورات اكبر. وعلى ذلك تكون البلورات الكبيرة التي تكونت في الطبيعة قديمة العهد جدا. واما بعض الاجسام فتجمد ولا تتبلور كالزجاج والشمع ونحوهما

(٣٢) ان تقسية المعادن (السقي) وتليينها يوضحان خاصة عجيبة من خصائص جاذبية الملاصقة فاذا احمينا حديدة ثم غططناها في الزيت او الماء تصير قاسية قصفة وبالعكس اذا احميناها وبردناها تدريجا فانها تصير لينة لدنة[1] ومن الغريب ان النحاس الاحمر يصير قاسيا قصفا بما يصير به الحديد لينا لدنا وبالعكس. والمظنون ان ترتب دقائق المعادن وقوتها الناتجة عن ذلك الترتب يتوقفان على المدة التي يبرد فيها اما الفولاذ فيقسى باحمائه الى درجة البياض وتبريده سريعا ثم يلين باحمائه وتبريده تدريجا وكلما زاد احماؤه زادت ليونته

[1] يراد باللين هنا خلاف القاسي وباللدن خلاف القصف.

(٣٣) نقط روپرت: هي نقط من الزجاج الذائب تقطر في الماء فتبرد بسرعة ويجمد خارجها متبلورًا تبلورًا قياسيا. واما باطنها فاذ لايجد مكانا ليتمدد فيه يضغط خارجها ولكنه لايقدر ان يشقه لانه يكون قد تصلب بحيث لاينكسر ولو طرق بمطرقة فاذا كسر قسم صغير من ذيلها انكسرت كلها وتطايرت قطعًا صغارًا۔

(٣٤) مسائل للتمرين: (١) لماذا لايقدر ان تلحم قطعة حديد وقطعة نحاس معا. (٢) لماذا يكون قضيب الحديد اقوى من قضيب الخشب (٣) اذا لحمت قطعة من الحديد جيدا فلماذا تصير اقوى مما كانت قبلما انقصفت (٤) لماذا تكون نقط سوائل مختلفة متفاوتة الحجم. (٥) اذا صببت الدواء نقطا فلماذا تكون النقط الاخيرة الباقية في القنينة اكبر مما سواها. (٦) لماذا تكون النقط اكبر اذا نزلت رويدا رويدا. (٧) لماذا تكون الانبوبة اقوى من قضيب مصمت وزنه كوزنها. (٨) اذا ذوبت قطع من الرصاص معا فلماذا تصير كلها قطعة واحدة جامدة عند ما تبرد. (٩) ماهي السائلات التي تكون جاذبية الملاصقة فيها اعظم مما هي في غيرها. (١٠) اذكر بعض الجوامد التي تتطاير بدون ان تذوب۔

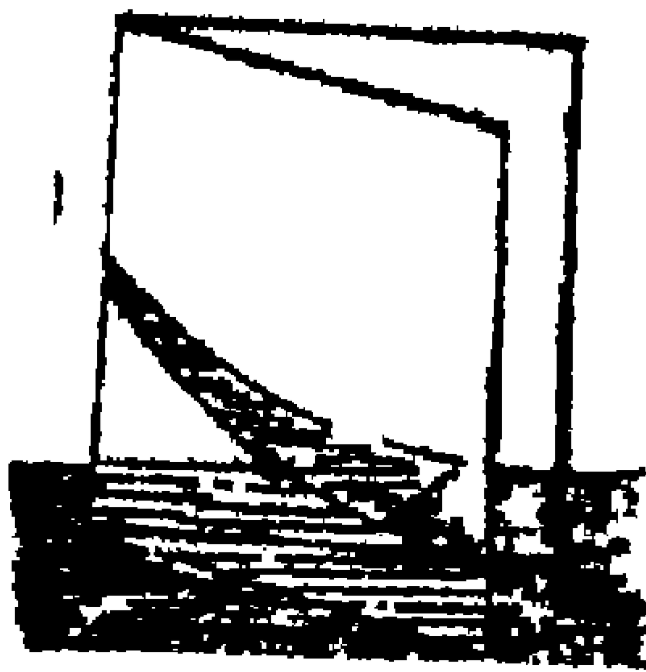
(٣٥) جاذبية الالتصاق: هي القوة التي تلتصق بها دقائق انواع مختلفة من المادة بعضها ببعض لا دقائق نوع واحد[1]. مثال ذلك انا نلصق قطعتين من الخشب احداهما بالاخرى بواسطة الغراء وقطعتين من الصيني بواسطة الملاط وقطعتين من القرميد بواسطة الطين وقطعتين من الفضة بواسطة اللحام وقطعة من الزجاج واخرى من الخشب بواسطة اللاقونة والورق بالحائط بواسطة الصمغ. وكل ذلك بسبب جاذبية الالتصاق وبها ايضا يلصق الدهان بالخشب والغبار بالحائط والطباشير باللوح۔

هذا وقد مر معنا ان الماء ينقى من الاكدار بمروره في الفحم فربما كان ذلك

[1] فالفرق بينها وبين جاذبية الملاصقة انها تفعل في انواع مختلفة من المادة وجاذبية الملاصقة تفعل في نوع واحد فقط۔

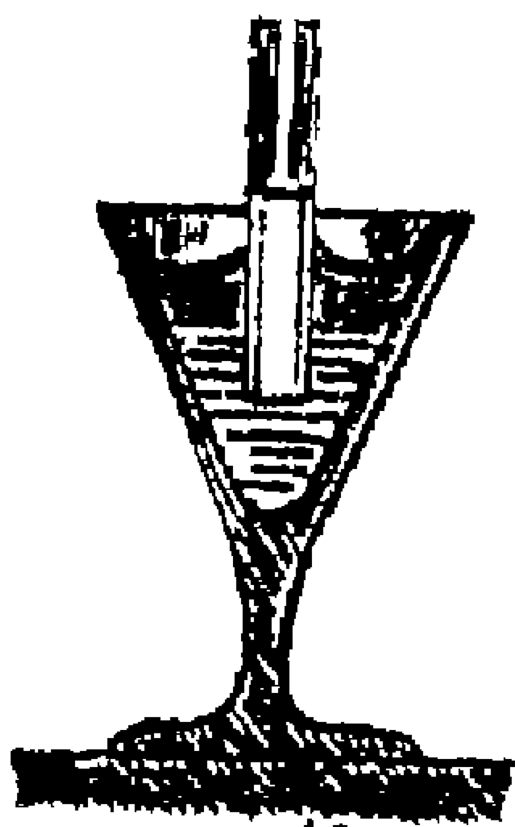
لسبب ان جاذبية الالتصاق بين الالدار والفحم اشد مما هى بينها وبين الماء.
اذا انفخنا رغوة الصابون تكونت منها فقاقيع فالماء الذى يكون هذه الفقاقيع يتجمع فى قشرة رقيقة مغلفة للفقاعة لان الصابون يضمه بعضه الى بعض بواسطة قوة الالتصاق التى فيه -

(٣٦) الجاذبية الشعرية :- هى نوع من جاذبية الالتصاق. وتظهر جيدًا فى الماء اذا وضع فيه لوحان من الزجاج فانه يرتفع بينهما كما ترى فى الشكل ٣ ولكنها تظهر باجلى وضوح فى الانابيب الدقيقة كالشعر ومن ذلك تسميتها بالجاذبية الشعرية ولنوضحها الان بالامثلة الآتية -



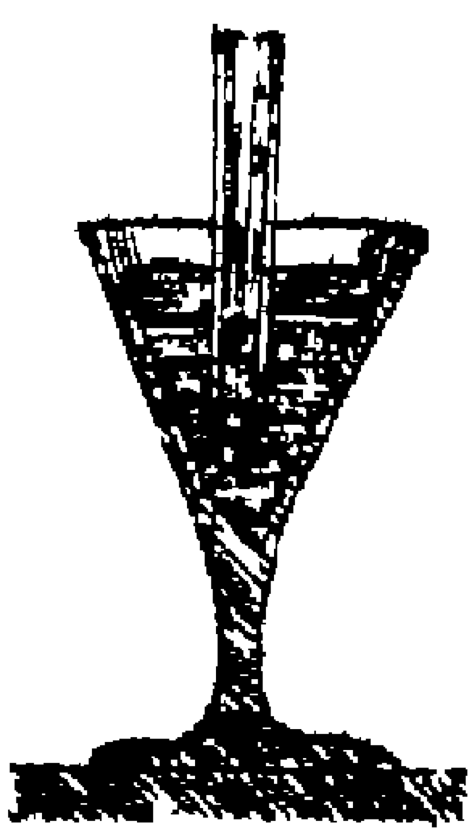
الشكل ٣

اولا- اذا وضعنا انبوبة صغيرة من الزجاج فى الماء ارتفع الماء فيها كما ترى فى الشكل ٤ وذلك لان جاذبية الالتصاق بين دقائق الزجاج والماء اشد من جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء- فالماء يرتفع فى انبوبة الزجاج بقوة التجاذب بينه وبينها- وكلما كانت الانابيب ادق زاد ارتفاع الماء فيها



الشكل ٤

ثانيا- اذا وضعنا انبوبة من الزجاج فى كأس تحتوى زئبقا انخفض الزئبق فيها عن مساواة سطحه فى الكأس كما ترى فى الشكل ٥ وذلك لان جاذبية الالتصاق بين دقائق الزئبق ودقائق الزجاج هى اضعف من جاذبية الملاصقة بين دقائق الزئبق- فبين دقائق الزجاج والزئبق تدافع لا تجاذب -



الشكل ٥

ثالثا- ان فتائل السرج والشموع هى حزم من الخيوط او الانابيب الشعرية التى يصعد فيها الزيت او الدهن او نحوهما ويشتعل فلذلك تحتاج القناديل الكحولية الى اقماع تغطى فتائلها عند ما لا يراد اشعالها

(١) هذه الانابيب تصنع من انابيب الزجاج باحمائها على القنديل الكحولى ومدها فتمتد قدما يراد -

والا يتصاعد الكحول الى رؤس الفتائل ويتطاير عنها حتى لا يبقى منه شئ فى القنديل

رابعا اذا غمس طرف منشفة فى الماء تبتل بعد برهة يسيرة بسبب صعود الماء فى اليافها الدقيقة بالجاذبية الشعرية وعلى هذا الحكم ينشف الانسان جسده بعد الاغتسال اذيلفه بمناشف او بمازر من خام او شاش لكى تمتص الرطوبة عنه بالجاذبية الشعرية

خامسا - الورق النشاش يمتص الحبر بواسطة الانابيب الشعرية التى فيه

سادسا - اذا صب الماء فى وعاء مغروس فيه شجرة او ريحانة صعد من مسام التراب ودخل الغرس بالجاذبية الشعرية

سابعا - بالجاذبية الشعرية يصعد الماء فى الارض الى سطحها حيث يبل جذور النبات و يهيئ لها طعامها بتذويبه الاجسام التى تغتذى بها . واذا اكتسى سطح الارض جليدا فى الشتاء فالماء يصعد كجارى عادته ويتحول الى جليد وفى فصل الربيع يذوب ويبل التراب فيصير وحلا ولذلك قد تكثر الاوحال فى الاماكن التى ينزل عليها قليل من الثلج او المطر ❊ هذا ولا يخفى ان حرث الارض يحفظها من الجفاف لان السكة تخلخل التراب فتكبر المسام الشعرية وتقلل صعود الماء الى سطح الارض اذ الجاذبية الشعرية تنقص كلما زاد اتساع المسام

ثامنا - ان الحبال اذا امتصت الماء بالجاذبية الشعرية تثخن وتقصر فاذا كانت حبال الغسيل مشدودة فقد تنقطع عندما تمطر السماء عليها . وقد يتقلص بعض الحبال بشدة وقوة فيرفع اثقالا عظيمة[1] ـ

تاسعا - ان البيوت تصير رطبة بدخول الرطوبة اليها من مسام الحجر والخشب بالجاذبية الشعرية

عاشرا - ان اهل جرمانيا يشققون حجار الرحى بالخشب . فانهم يحجرونه على شكل السفين

[1] يتضح ذلك من القصة الآتية : ان فى بلاد مصر اعمدة كبيرة على قواعد اقامها الفراعنة وتعرف بالمسلات وقد نقل اكثرها ملوك الرومانيين وغيرهم من اهل اوربا واميركا الى بلادهم . فلما اراد البابا سكستس الخامس ان ينصب مسلة كبيرة من هذه المسلات فى ساحة كنيسة ماربطرس برومية اصدر امرا بان لا ينبس احد بكلمة حتى ينادى المهندس ان العمل قد تم والخطر قد مضى . وكان الفعلة يرفعون العمود والناس شاخصون اليهم حتى قارب العمل ان يتم فزاد الشد على الحبال فزلت واوشكت المسلة ان تسقط ففر من كان اسفلها من الفعلة مذعورين واذ صوت ينا ديهم بلّوا الحبال فنظروا فاذا هو المهندس زابغليا فبلّوها فثخنت وانقبضت على المسلة فرفعوها واوقفوها على قاعدتها ـ

ويدخلونه في شقوق الحجار وهو جاف فيمتص الرطوبة بصب الماء عليه وتركه برهةً او بانصباب المطر فينتفخ ويشق الحجر الذي هو فيه فيستغني بذلك عن انفاق الدرهم وبذل التعب.

(٣٧) التذويب * اذا وضعنا السكّر في الماء يذوب لان جاذبيّة الالتصاق بينه وبين الماء اقوى من جاذبية الملاصقة بين دقائقه ولما كانت الحرارة مضعفة لجاذبية الملاصقة (عد ٢٥) فهي تساعد على التذويب ولذلك اذا ذوّبنا جسماً في الماء الحارّ يذوب منه في وقت قصير اكثر مما يذوب في الماء البارد في وقت اطول. ولهذا السبب يسرع ذوبان الاجسام اذا سحقت. واذا لم يكن بين الجسم الجامد والسائل جاذبية التصاق فلا يذوب. وبجاذبية الالتصاق يمتص الماء مقداراً كبيراً من بعض الغازات كامتصاصه للهواء فان الماء لا يخلو من الهواء الذي يزيد طعمه لذة. ولذلك اذا صببناه من وعاء الى آخر رأينا فقاقيع الهواء الملتصقة به تنزل معه ثم تطفو على سطحه حيث تنفقئ وتفلت الهواء منها. وقد اشار بعضهم باستعمال هذا المبدإ لتجديد الهواء في المعادن * هذا ولما كان الضغط والبرد يضعفان قوة الدفع في الغازات (عد ٢٥) فهما يوافقان جاذبية الالتصاق بين دقائق الغازات ودقائق الماء ولذلك يفور ماء الصودا ويصير طعمه حرّيفاً من غاز الحامض الكربونيك الذي فيه. لان ماء الصودا اذا ضغط امتصّ غاز الحامض الكربونيك ثم اذا أُزيل الضغط عنه افلت غاز الحامض الكربونيك منه في فواقع لماعة واحدث الفوران وافاح الرائحة الحرّيفة التي يُشعر بطعمها.

(٣٨) نفوذ السائلات * املأ وعاءً طويلاً ماءً ملوّناً باللتموس[1]

---

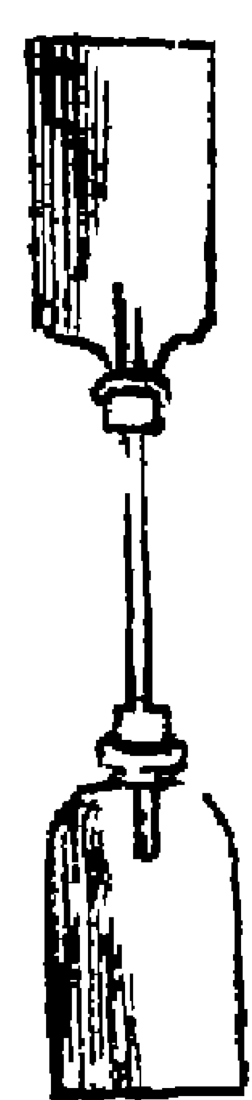
(١) صباغ يستخلص من بعض انواع النبات.

الازرق . ثم ضع فيه قمعاً طويلاً يصل الى قعره وصب فيه ماء يحوي قليلاً من


الشكل ٦

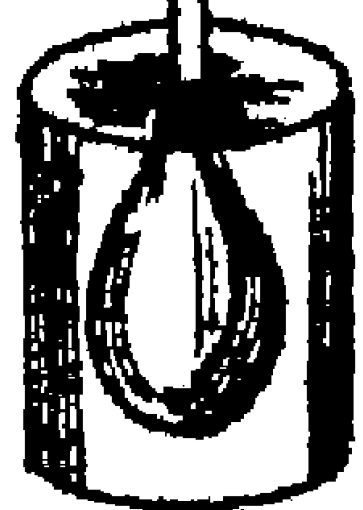
زيت الزاج (انظر الشكل ٦) فينزل هذا الماء الى سفل الوعاء ويبقى مستقلاً عن الماء الاول كما يظهر من لونيهما . ولكنه يختلط به بعد بضعة ايام كما يظهر من تغير اللون الازرق الى لون احمر. فاختلاطهما احدهما بالآخر هو نفوذهما . واكثر السائلات يختلط بعضها ببعض اذا جُمعت في وعاء واحد غير انه اذا لم يكن بينها جاذبية التصاق فلا تختلط بل تتفرق ولو هُزّت معاً هزاً شديداً

(٣٩) نفوذ الغازات * ان غاز الهيدروجين اخف من الهواء ١٤ مرة فاذا ملأنا قنينتين منهما ووضعنا التي تحوي الخفيف الى سفل والتي تحوي الثقيل الى اعلى كما في الشكل ٧ رأينا انهما يختلطان اختلاطاً تاماً بُعيد قليل . وهذا ما يعرف بنفوذ الغازات .


الشكل ٨

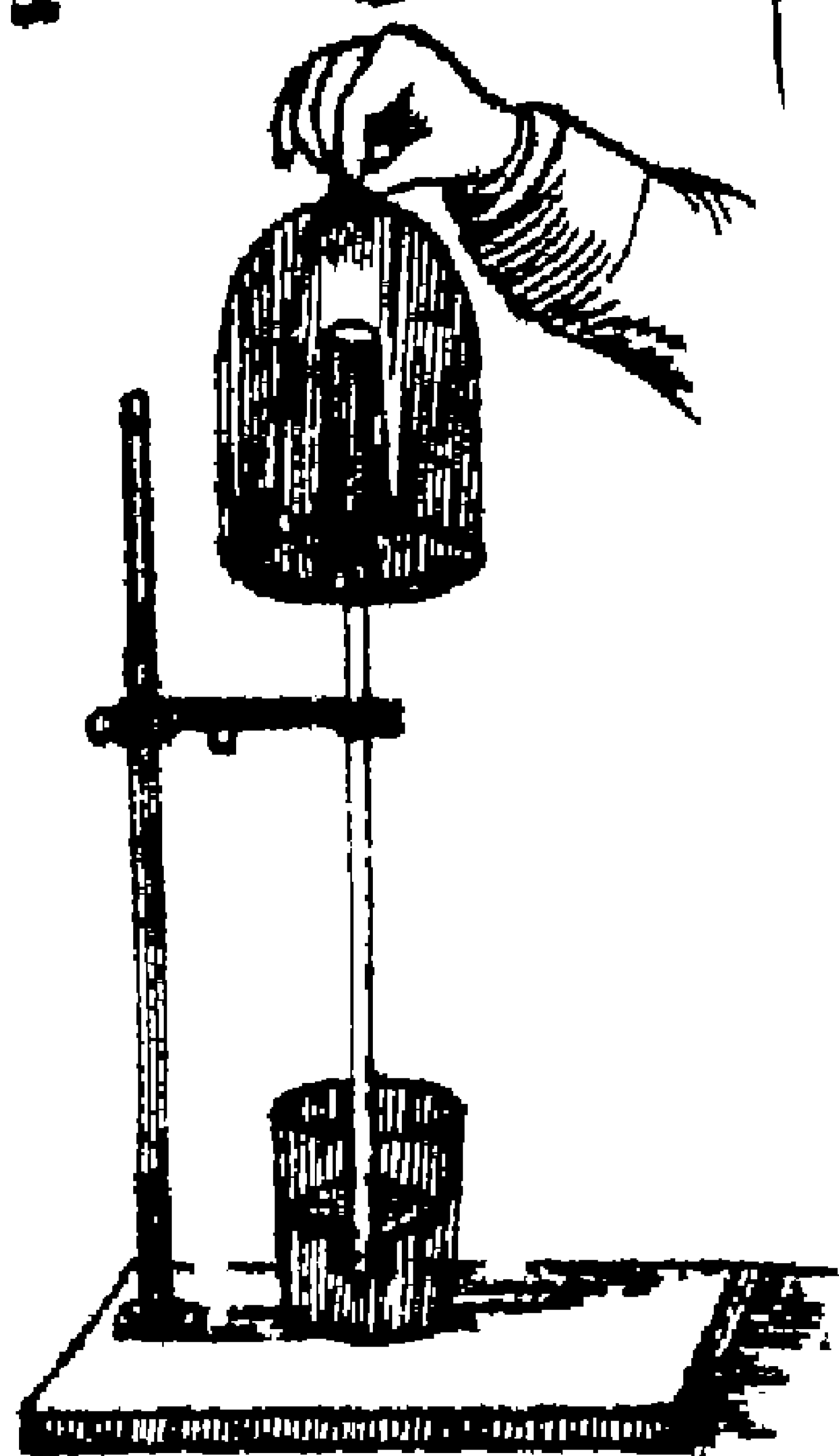
(٤٠) أُزْمُوس السائلات * اذا فصلنا بين السائلات بجسم رقيق ذي مسام فلا تختلط على سواء بل يكون اختلاطها متوقفاً على طبائعها وعلى مادة ذلك الجسم الفاصل كما ترى مما يأتي : خذ انبوبة من الزجاج وادخل طرفها في مثانة مملوءة كحولاً (الشكل ٨) وضعها في وعاء ملآن ماء ثم انظر الى حيث يرتفع الكحول في انبوبة الزجاج وسِم هناك سمة واصبر قليلاً ثم عد وانظر فترى الكحول قد ارتفع عن السمة واذا دققت النظر وجدت ان الكحول يخرج من المثانة ويختلط بالماء والماء يدخل المثانة اسرع من دخول الكحول اليه وقد عللوا عن ذلك بان جاذبية الالتصاق بين المثانة والماء اشد منها بين المثانة والكحول

فيدخل الماء الى داخل المثانة بالجاذبية الشعرية ويختلط من الداخل


الشكل ٨

بالكحول بنفوذ السائلات وكذلك ينفذ بعض الكحول من المثانة ويختلط بالماء. ومهما كانت السوائل فالذي منها يبل الغشاء الفاصل قبل غيره ينفذها اسرع من غيره ايضا. فلو استعملنا زقاً من الكُلُودِيُون(١) عوضاً عن المثانة في التجربة المذكورة آنفاً لانعكس الامر فيها فكان الكحول ينفذ كثيراً والماء قليلاً لان الكحول يبل الكلوديون قبل الماء ويسمى هذا النفوذ أُزموس السائلات.

(١٢) أُزموس الغازات. ان هذا المؤلَّف حدوثه ولكنه مرجح كما يظهر مما يأتي. خذ قدحاً ذا مسام وادخل في فمه فلينة ادخالاً محكماً وادخل في الفلينة انبوبة من الزجاج واقلب القدح فوق دعاء فيه ماء وانزل طرف الانبوبة السائب تحت الماء قليلاً واسندها الى شيء ثابت كما ترى في الشكل ٩ ولتثبت كذلك. ثم اقلب على القدح زجاجة واسعة تعرف بالقابلة ملآنة من غاز الهيدروجين. فينفذ الغاز من مسام القدح وينزل سريعاً من الانبوبة الى الماء فتظهر فقاقيعه عليه.


الشكل ٩

ولا يخفى ان البلونات الصغيرة التي يلعب بها الاولاد تهبط الى الارض في زمان يسير وذلك لان غاز الهيدروجين الخفيف الذي

(١) جسم لزج يستعمله الجراحون دهاناً للجروح ليقيها من العوارض الخارجية ويستعمله المصورون بالفوتوغرافيا ايضاً.

تملأ به يفلت من مسامها اسرع من دخول الهواء اليها فتنكمش وتهبط الى الارض من ثقلها.

(٤٢) مسائل للتمرين (١) اذا ابتل الجوخ فلماذا يتقلص. (٢) اذا تسابق اصحاب القوارب فلماذا يبلون القلوع. (٣) لماذا لا يصح تجفيف الكتابة بالقرطاس الاعتيادي. (٤) اذا دهن الخشب فلماذا يمتنع عنه التقلص. (٥) كيف يكون شكل سطح الماء وسطح الزئبق فى كاس من الزجاج (٦) اذا عصرنا مستفة فلماذا لا تنشف تماما. (٧) اذا طلى منخل دقيق بالدهن فلماذا لا ينزل الماء منه (٨) لماذا يذوب الكافور فى الكحول ولا يذوب فى الماء (٩) لماذا يرتفع الزئبق فى انابيب من التوتيا كما يرتفع الماء فى انابيب من الزجاج (١٠) لماذا يعسر دفع اللوح من الماء (١١) اذا تلوث حد الكتاب بالحبر فلماذا يتخلل الحبر الى جوانب صفحاته (١٢) اذا انصب الحبر على حافة الكتاب فهل نشد اوراقه بعضها على بعض لنحصره منها (١٣) لماذا لا يمتزج الزيت بالماء. (١٤) ما هى فائدة البلبل فى الابريق + الجواب لولا البلبل لكان الماء ينصب عن جوانب الابريق من جاذبية الالتصاق كما ينصب من الطاس ونحوه ولكن البلبل يسلمه لجاذبية الثقل قبل ان تتصرف فيه جاذبية الالتصاق فينزل امامًا (١٥) لماذا يبل الماء اليد ولا يبلها الزئبق (١٦) لماذا يتشقق البرميل ويتكسر اذا لم يملأ ماء او يوضع فى دهليز (١٧) اذكر بعض الاحوال التى تزيد فيها قوة جاذبية الالتصاق على جاذبية الملاصقة.

+م+

+

الفصل الثاني

في الجاذبية العامة وجاذبية الثقل

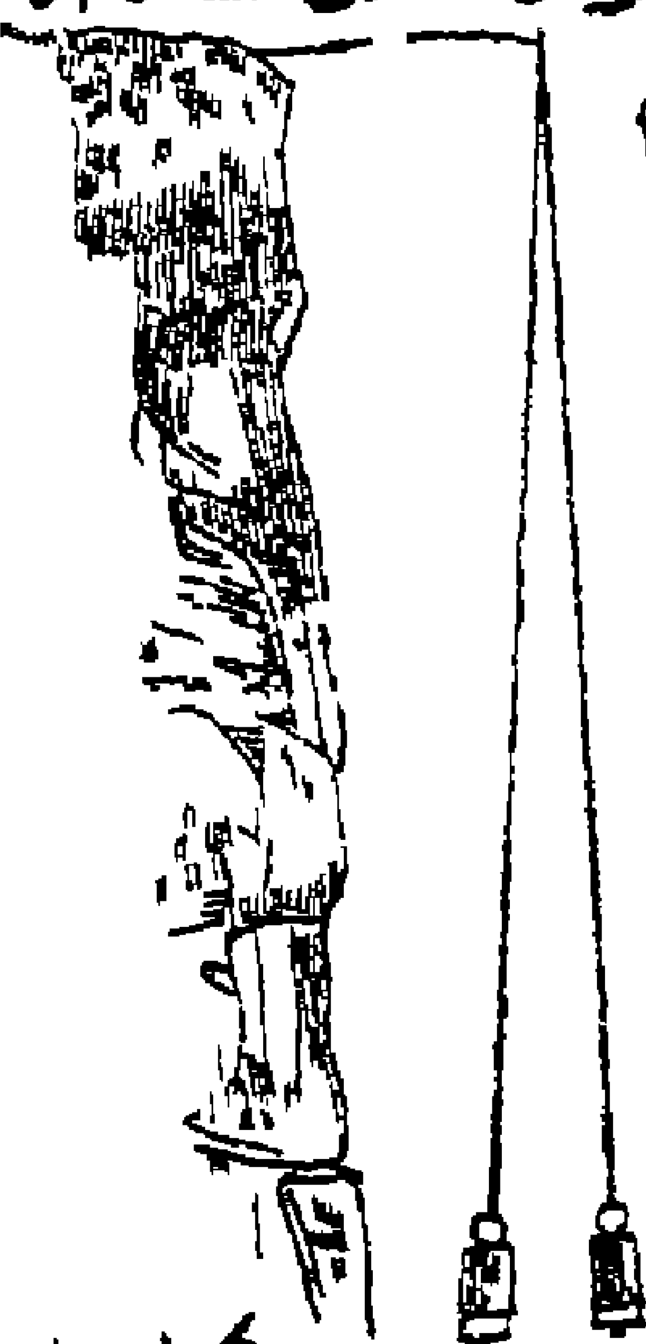
(٣٣) تكلمنا فيما مضى عن الجاذبية التي تفعل بين دقائق الاجسام على بعد غير محسوس وقصدنا الآن ان نتكلم عن الجاذبية التي تفعل بين الاجسام على كل بعد من الابعاد وهي تعرف بالجاذبية العامة وتجري على ناموس (١) كثير الاعتبار في العلوم الطبيعية (٢) وهذا تعريفه: ان كل جسم من اجسام الكون يجذب غيره بقوة تناسب مقدار مادته وهذه الجاذبية تنقص كزيادة مربع البعد عنه وتزداد كنقصانه فاذا قطعنا فلينة متساوية الكثافة قطعتين احداهما كبيرة والاخرى صغيرة ووضعناهما في الماء الواحدة بقرب الاخرى فانهما تتجاذبان وتزيد جذب الكبيرة على جذب الصغيرة بقدر ما تزيد مادتها على مادتها اي ان كلاً منهما تجذب الاخرى بقوة تناسب مقدار مادتها. ثم اذا ابعدناهما الواحدة عن الاخرى فالجاذبية التي بينهما تنقص ولكن على نسبة تزيد عن البعد. فاذا صار البعد بينهما بقدر ما كان اولاً

(١) الناموس او الشريعة في عرف الطبيعيين الطريقة غير المتغيرة التي يجري الله الطبيعة عليها.

(٢) اكتشف ناموس الجاذبية العامة الفيلسوف اسحق نيوتن. قيل انه كان ذات يوم جالساً تحت شجرة من التفاح يتفكر في بعض القضايا العلمية فسقطت امامه تفاحة فقال في باله ما الذي اسقط هذه التفاحة الى الارض وما الذي يسقط الجماد من قمم الجبال الى اسفل الاودية. اليست القوة التي تسقط الاجسام هنا تدير القمر ايضاً حول الارض والارض والسيارات حول الشمس ولم يزل على مثل هذه الافكار حتى اكتشف ناموس الجاذبية هذا.

مرتين فالجاذبية لا تنقص عما كانت مرتين فقط بل اربع مرات اي مربع الاثنين وذلك معنى قولنا ان الجاذبية تنقص كمربع البعد وبالعكس اذا قرب احدهما نحو الآخر حتى يصير البعد بينهما نصف البعد الاول فجاذبية كل منهما للآخر تزداد اربع مرات ويزداد ما سبق وضوحا بالمثالين الآتيين .

اذا سقط حجر من مكان عال ينزل الى الارض والارض تصعد اليه لانه هو يجذبها وهي تجذبه ولكن جاذبيتها تزيد على جاذبيته بقدر ما تزيد مادتها على مادته فلذلك يقطع في النزول اليها مسافة اعظم من المسافة التي تقطعها هي في الصعود اليه بقدر ما تنقص مادته عن مادتها فتحسب المسافة التي تقطعها الارض لملاقاته كلا شيء كما انه هو كلا شيء بالنسبة اليها . واذا علقنا ثقلا بخيط وربطنا الخيط بجانب جبل فالخيط لا يبقى على استقامته بل يميل نحو الجبل لان الجبل يجذبه اليه ويظهر ذلك من الشكل ١٠ حيث يفرض ا ب الخيط المنقطع الدال على استقامته و ا ب الخيط منحرفا نحو الجبل بالقوة التي يجذبه الجبل بها . وقد كبرت زاوية الانحراف هنا لزيادة الايضاح .



الشكل ١٠

واعلم ان ناموس الجاذبية العامة يصدق على كل عوالم الكون كما يصدق على اجسام ارضنا . فان جميع الاجرام السماوية مرتبطة بعضها ببعض بالجاذبية العامة فكل نجم من نجوم السماء مرتبط بالارض وببقية الكواكب والارض مرتبطة به وببقية الكواكب وكلها متوازنة ولذلك تتهادى في السماء على لا شيء . فكأن جاذبية الشمس للارض حبل غليظ ممتد منها ويربط الارض . وكأن جاذبية النجوم خيوط دقيقة تخرج منها وتلتف حول الارض ايضا . وكأن جاذبية الارض للشمس

وببقية النجوم خيوط خارجة منها ومرتبطة بالشمس وببقية النجوم. فكما ان الحبال والخيوط تربط الاجسام بعضها ببعض هكذا الجاذبية العامة تربط ارضنا بالاجرام السماوية والاجرام السماوية بها وتثبتها فى نواحى السماء

(٢٢) جاذبية الثقل. قد ظهر مما تقدم ان فى الارض قوة تجذب بها الاجرام السماوية. فبهذه القوة تجذب ايضًا جميع الاجسام التى عليها نحو مركزها وتسمى حينئذ جاذبية الثقل. واذا قلنا ان هذا الجسم ثقله عشرة ارطال فالمراد ان الارض تجذبه اليها بقوة عشرة ارطال[1] وهذا الثقل يختلف بحسب موقعه فى الارض كما يأتى مفصلًا.

اولًا. اذا كان الجسم فى مركز الارض فثقله لا شئ لان كل مواد الارض تجذبه بالتساوى الى كل جهة فلا يرجح الى جهة ولذلك يكون عديم الثقل

ثانيًا. اذا كان الجسم فوق سطح الارض ينقص ثقله بابتعاده عنها كزيادة مربع بعده عن مركزها لا عن سطحها لان المركز هو النقطة الوسطى بين موادها الجاذبة ونقصانه يزيد كمربع بعده عن مركزها. فلو قيل اذا كان ثقل جسم ١٠٠ رطل على سطح الارض (سطح الارض يبعد عن مركزها نحو ٤٠٠٠ ميل) فكم يكون ثقله على بعد الف ميل عنه (اى على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركز الارض) فالعمل لمعرفة ذلك ان تقول نسبة (٥٠٠٠ ميل)٢ الى (٤٠٠٠ ميل)٢ :: ١٠٠ رطل الى الجواب وهو ٦٤ رطلًا.

ثالثًا. اذا كان الجسم على سطح الارض فثقله يختلف باختلاف عرض المكان الذى هو فيه. فاذا كان الجسم على خط الاستواء فثقله ينقص عما

(١) اذا سقط حجر من مكان عال ينزل الى الارض بجاذبية الثقل كما تقدم فلو كانت الارض لا تصده عن ان ينزل فيها لبقى نازلًا بالجاذبية الى مركزها. ولكن الارض تصده عن النزول فيها لجمود سطحها فلذلك يبقى مجذوبًا اليها وضاغطًا سطحها فاذا وضع فى كفة ميزان يزن مقدار ضغطه وهذا المقدار هو ثقله فالثقل اذًا هو قياس جاذبية الثقل ونتيجتها.

اذا كان فى مكان آخر لسببين . اولهما ان كرة ارضنا منتفخة عند خط الاستواء فيكون الجسم هناك ابعد عن مركزها الذى تجذب الاجسام الى جهته من جسم مثله بين خط الاستواء واحدى القطبين فيقل جذبها له عند خط الاستواء عن جذبها لما يساويه فى مقدار المادة بينه وبين القطبين وبالنتيجة يكون انقص ثقلا . وثانيهما ان القوة التى تدفع الاجسام عن مركز الارض تكون اشد على خط الاستواء مما على غيره كما سيأتى وذلك ينقص الثقل ايضاً . واذا كان الجسم فى قطب من القطبين فثقله يزيد عما اذا كان فى مكان آخر لسببين ايضا . اولهما ان كرة ارضنا مسطحة من القطبين فالجسم يكون عليهما اقرب الى المركز مما يكون على غيرهما فيزيد جذب الارض له ويزداد ثقله . وثانيهما ان القوة التى تدفع الاجسام عن المركز تكون فى القطبين اضعف مما فى بقية الاماكن .

فائدة . قد تقدم ان الجاذبية العامة وجاذبية الثقل هما من نوع واحد والفرق بينهما انما يكون للتخصيص واما جاذبية الملاصقة فلا يوجد دليل على انها من نوعهما . لانهما يزيدان بقدر ما تزيد مادة الجسم وينقصان بقدر ما يزيد مربع بعده . واما هى فالظاهر انها لا تزيد ولا تنقص كذلك . والا لكان التصاق الدقائق القريبة من مركز ثقل الجسم بعضها ببعض اشد من التصاق الدقائق البعيدة عنه بعضها ببعض او من التصاقها هى نفسها اذا كسر الجسم كسراً او و و

✣ ✣

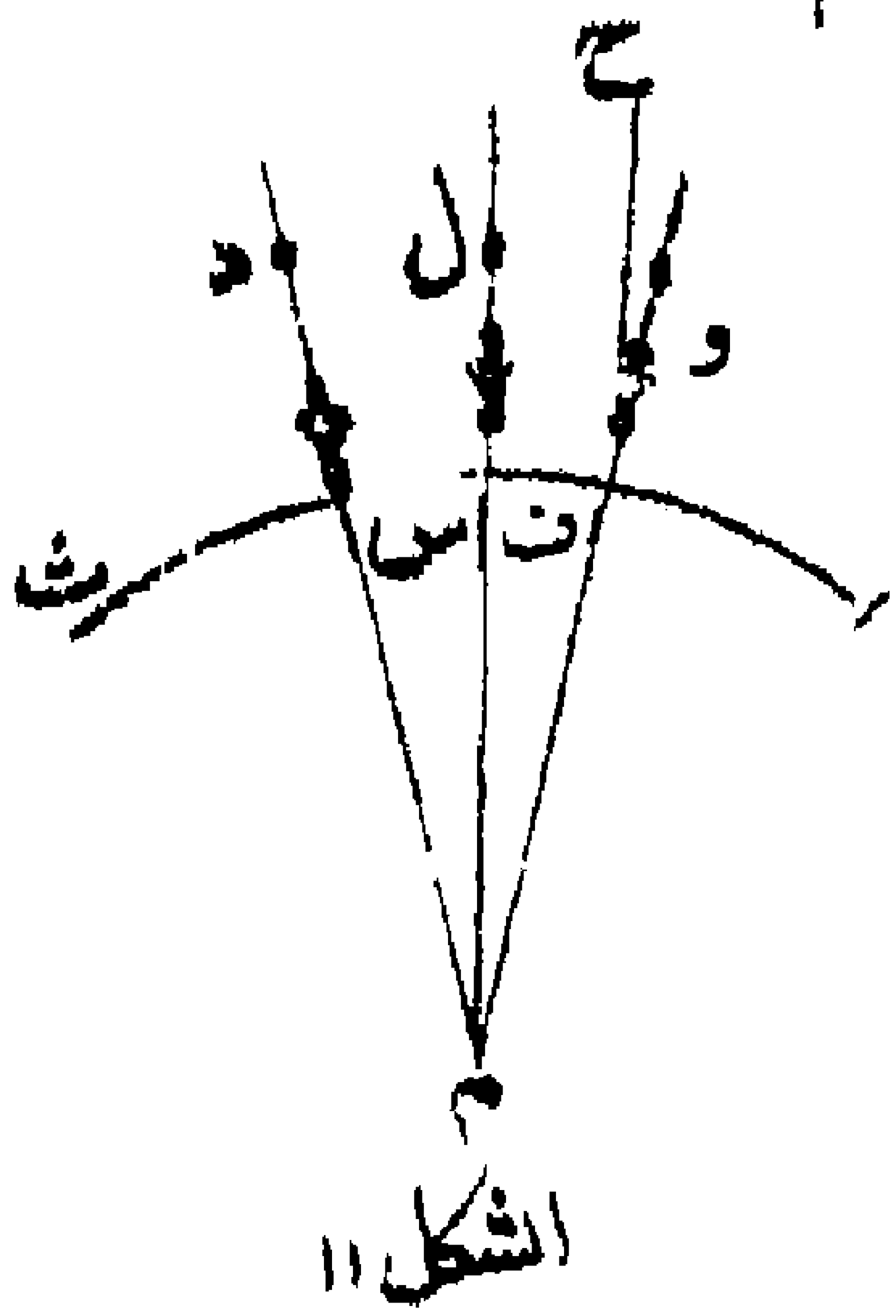
✣

✣

الفصل الثالث

في الاجسام الساقطة

(٤٥) الخط السمتيّ * ان الارض تجذب الاجسام نحو مركزها كما تقدم فاذا ابقيت الاجسام بلا معارض نزلت في خط مستقيم الى مركزها . وهذا الخط يسمى خطًا سمتيًا .



الشكل ١١

اذا علقنا رصاصة بخيط ودلينا الخيط من محل عال ينزل في خط سمتيّ . واذا دلّت خيوط كثيرة كهذا في اماكن متعددة فكلها تتجه نحو مركز الارض وتلتقي فيه لو اخرجت اليه كما ترى في الشكل ١١ فالقوس ا ث هي قطعة من سطح الارض دم مركز الارض والخطوط دم ول م وح م خطوط سمتية قد اخرجت حتى التقت في المركز .

(٤٦) نواميس الاجسام الساقطة * للاجسام الساقطة اربعة نواميس وهي : اولاً كل الاجسام تسقط بسرعة واحدة اذا جذبت بجاذبية الثقل فقط . فاذا وضعنا درهمًا وريشة طائر في انبوبة


الشكل ١٢

طويلة كما ترى في الشكل ١٢ وفرغنا الانبوبة من الهواء ثم قلبناها بسرعة ليسقطا من الطرف الواحد الى الآخر في وقت واحد . واما اذا ادخلنا الهواء الى الانبوبة وقلبناها فالدرهم يسبق الريشة كثيرًا . فيستنتج من ذلك ان الاجسام اذا سقطت

فى الفراغ تسقط بسرعة واحدة وان سبب سقوط الاجسام الثقيلة بسرعة
وسقوط الاجسام الخفيفة ببطوء انما هو مقاومة الهواء لها وهى ساقطة
ويظهر ذلك ايضا اذا رمينا ورقة فانها لا تصل الى سطح الارض الا بعد زمان. واما اذا
لففناها حتى تلبد بعضها على بعض ورميناها فتصل الى الارض حالا وليس ذلك من نقصان
قوة الجاذبية بل من نقصان مقاومة الهواء.

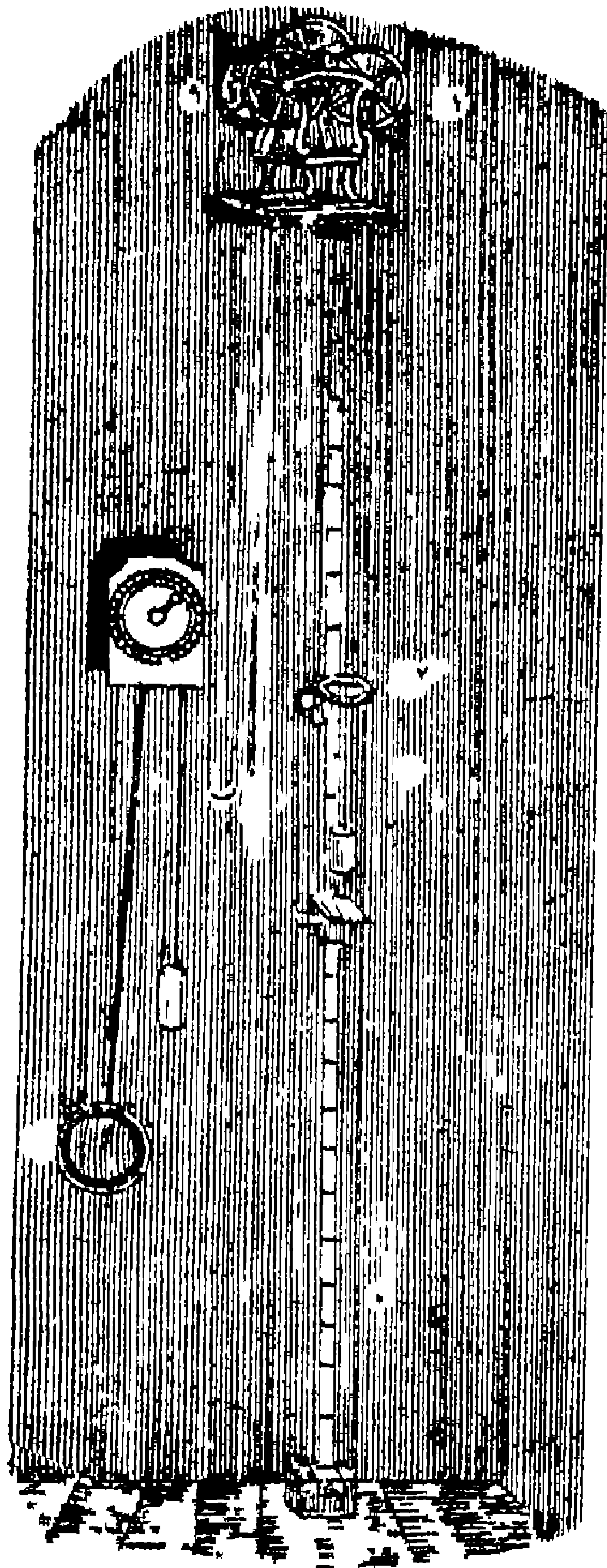
ثانيا. اذا سقط جسم من علو فالبين الذى يقطعه فى الثانية الاولى ١٦
قدما وقد تحقق ذلك من تجارب بالرقاص وبآلة أتود. فتكون سرعته
المتساوية فى آخر الثانية الاولى ٣٢ قدما وذلك لان حركته تبتدئ
بصفر وتأخذ بالتسارع بقوة الجاذبية المتصلة ومعدل صفر و٣٢=
١٦ ونعنى بسرعته المتساوية فى آخر الثانية الاولى سرعته الاستمرار التى
اكتسبها فى آخرها ويجرى بها على التساوى فى الثانية الثانية لو فرض انقطاع
الجاذبية فى آخر الاولى. ويقال لها معدل سرعة الجاذبية فى الثانية
الثانية وهكذا يقال فى معدل سرعة الجاذبية فى الثالثة والرابعة

تنبيه. ان الجسم يسقط ١٦ قدما فى الثانية الاولى فى المكان بالقرب من سطح الارض المحسوب
انه على مساواة سطح البحر. ولكن اذا اكثر البعد عن الارض يختلف بين سقوطه فيها عن
١٦ قدما فينقص كزيادة مربع البعد.

واما آلة أتود فالغرض منها قياس سرعة الاجسام الساقطة والابيان التى تقطعها
فى اوقات معلومة لانه يتعذر قياس ذلك بمراقبة الاجسام بلا آلة لعظم سرعتها ولكون
الهواء يضادها فى نزولها فيقلل سرعتها عما هى حقيقة. وهذه الآلة مؤلفة من عمود
مقسم (راشكل ١٣) مرتكز على قاعدة وعلى راسه افريز ومن ساعة ثانية للثوانى
وعلى ظهر الافريز خمسة دواليب والخامس ديقع كل من طرفى محوره على محيطى دولابين
من الاربعة الباقية كما ترى حتى يكون الاحتكاك قليلا. ويوضع فى حز هذا الدولاب خيط
من الحرير معلق ثقل بكل من طرفيه. ويتصل بالعمود حلقة س تتحرك عليه صاعدا ونازلا

ورق صغير ايضاً يتحرك كذلك. اما الحلقة فلكي يمر احد الثقلين منها واما الرف فلكي يهدأ ذلك الثقل عليه * ويصنع الثقلان اوب متساويين تماماً ولذلك يهدآن اذا تركا لذاتهما مدلّين عن جانبي الدولاب ويتحركان اذا زيد على احدهما ثقل لاختلال توازنه حينئذ.

لنفرض ان وزن كلٍّ من الثقلين ٣١½ اوقية وانا زدنا على الثقل اقضياً من النحاس وزنه اوقية واحدة فيكون وزن الكل ٦٤ اوقية. وهذه متى تحركت تتحرك بفعل



الشكل ١٣

الجاذبية بقوة اوقية واحدة فتكون سرعتها ١/٦٤ من سرعة الاوقية وذلك لان الجسمين فى حكم السكون لان جاذبية الواحد تضادها جاذبية صاحبه بالتعليق ومقدارمادتهما ٦٣ اوقية وباضافة قضيب النحاس تصير مادة الثلاثة ٦٤ ولكن الحركة قد حصلت بقوة جاذبية اوقية فقط. فلو نزل قضيب النحاس وحده لكانت سرعته ٦٤ مرة من سرعته مع الثقلين ولكن بصيرورته معهما ٦٤ اوقية مع جاذبية اوقية واحدة تنقص السرعة كازدياد المادة كما ستقف على ذلك فى الكلام على الحركة. فتكون سرعة الكل القضيب مع الجسمين ١/٦٤ من الجاذبية كما لا يخفى. فبذلك نجعل الجسم يسقط بقوة متصلة هى الجاذبية ولكننا نقلل سرعته حتى لا تزيد عن ١/٦٤ من سرعة الاجسام الساقطة فنقضى بذلك غرضين الاول اننا نتمكن من قياس حركة الجسم فى سقوطه والثانى اننا نقلل مقاومة الهواء له حتى نكاد نفنيها.

فاذا اردنا الامتحان بهذه الآلة رفعنا الثقل الى راس العمود وعلقنا به قضيبا من النحاس بحيث لا ينزل من الحلقة ووضعنا الحلقة على بعد معلوم منه والرف على بعد آخر ثم اذا وصل عقرب الثوانى فى الساعة الى الصفر تركنا الثقل يسقط هو والقضيب فعند وصولهما الى الحلقة يعلق القضيب واما الثقل فيمر فيها فنستعلم وقت وصولهما الى الحلقة من الساعة وكذلك نستعلم وقت وصول الثقل وحده الى الرف فان سرعة حركة القضيب مع الجسم الى الحلقة بالجاذبية المتصلة هى متسارعة ولكن سرعة الجسم بعد انفلات القضيب عنه من الحلقة الى الرف هى متساوية لان الجاذبية قد انمحقت بالتعليق كما مر وهى سرعة الاستمرار التى اكتسبها بسرعة جاذبية القضيب فاذا فرضنا بعد الحلقة عن محل القضيب وهو فى اعلى الآلة قدما واحدة وسار اليها الجسم فى ثانيتين مثلا نحكم ان سرعته ربع قدم فى الثانية الاولى واذا ضربنا ١/٤ فى ٦٤ فالحاصل ١٦. فنعرف حينئذ ان سرعة هذا الجسم بالجاذبية ١٦ قدما فى الثانية الاولى. ثم اذا مشى الجسم من الحلقة الى الرف قدمين فى ربع ثوان نحكم ان معدل سرعة الجاذبية اذا قد انقطعت الجاذبية عند ما علق القضيب اى سرعة الاستمرار للجسم فى الثانية ٣٢ قدما لان الجسم يكون قد سار نصف

قدم في كل ثانية ونصف ٣٢، ١٦ اى ثقل الجسمين هو ٣٢ تقريباً لانه لو كان الجسم ١١ اوقية واحدة لاسرع ٣٢، مرة سرعة الاوقية اذ تزداد السرعة بنقصان المادة اذا بقيت القوة واحدة وهذه الحقيقة تؤكد لنا التي قبلها وهي ان الجسم يهبط ١٦ قدماً في الثانية الاولى لان المعدل بين ٣٢ و ٠ = ١٦ كما مر وهي الركن في البرهان وعلى هذا الاسلوب تحقق الناموس الثاني وما بعده .

ثالثاً . معدل سرعة الجاذبية في اول الثانية الثانية ٣٢ قدماً كما مر اى ١٦ × ٢ . ومعدلها في اول الثالثة ٦٤ بزيادة ٣٢ اى ١٦ × ٤ . وفي اول الرابعة ٩٦ وكذلك اى ١٦ × ٦ وهلم جراً بزيادة المضروب فيه ٢ كل مرة اما المسافة التي يقطعها الجسم في كل ثانية من الثواني المسرودة بعضها وراء بعض اذا بقي جارياً فيها فتحصل بضرب ١٦ × ١ للاولى و ١٦ × ٣ للثانية و ١٦ × ٥ للثالثة وهلم جراً اى بضرب ١٦ في هذه الاعداد الوترية[1] ٣ و ٥ و ٧ و ٩ الخ لكل ثانية على التوالي وللايضاح نقول

يبتدئ الجسم في الثانية الثانية وله من السرعة ٣٢ قدماً فالامر واضح انه يقطع في هذه الثانية ٣٢ قدماً بسرعته فقط لا بالجاذبية . ولما كان فعل الجاذبية به متصلاً على الدوام يكتسب سرعة ٣٢ قدماً ايضاً فوق سرعته فتصير سرعته ٦٤ قدماً اى ١٦ × ٤ كما ذكرنا آنفاً ثم يبتدئ في الثانية الثالثة وله من السرعة ٦٤ قدماً فيكتسب علاوة عليها سرعة ٣٢ قدماً ايضاً بالجاذبية فتصير سرعته ٩٦ قدماً اى ١٦ × ٦ وقس عليه ما بقي . ثم ان معدل ٣٢ قدماً وهي سرعة الجسم في اول الثانية الثانية و ٦٤ قدماً وهي سرعته في آخر تلك الثانية هو ٤٨ قدماً اى ١٦ × ٣ وذلك يساوي مسيره في الثانية الثانية فقط ومعدل ٦٤ قدماً وهي سرعته في اول الثانية الثالثة و ٩٦ قدماً وهي سرعته في آخرها هو ٨٠ قدماً اى ١٦ × ٥

(١) يعرف العدد الوتري الثانية من الثواني بتضعيف عدد تلك الثانية وطرح واحد من الحاصل مثاله اذا قيل ما هو العدد الوتري الثانية الثامنة نقول ٨ × ٢ = ١٦ و ١٦ - ١ = ١٥ وهو العدد الوتري الثامن .

مسیرة فی الثانیة الثالثة وقس علیه بقیة ما ذکر آنفاً. فلنا من ذلك هذا الحکم وهو ان سرعات الاجسام کالاعداد الشفعیة والابعاد التی تقطعها کالاعداد الوتریة.

رابعاً. ان الجسم یسقط فی ای عدد کان کلّ من الثوانی ما یساوی ١٦ قدماً مضروبة فی مربع ذلك العدد.

فقد تقدم معنا ان الجسم یسقط ١٦ قدماً فی الثانیة الاولی و٤٨ قدماً فی الثانیة الثانیة فیسقط اذاً فی الثانیتین معاً ١٦+٤٨=٦٤ قدماً ای ٢² فی ١٦ قدماً وکذلك یسقط فی ٣ ثوان ١٦+٤٨+٨٠=١٤٤ قدماً ای ٣²×١٦ قدماً وهلم جرّاً.

(٤٧) معادلات الاجسام الساقطة. اذا فرضنا ان الحرف س معدّل سرعة جسم ساقط فی آخر وقت مفروض والحرف ب بینه (ای البعد الذی یقطعه) و و وقته ینتج معنا مما مضی انّ

(١) س = ٣٢ و

(٢) ب = ١٦ و^٢

(٣) س^٢ = ٦٤ ب = ٢×٣٢ ب

وهذه المعادلة (٣) هی نتیجة (١) و (٢) لانه بتربیع (١) والقسمة لیصیر س^٢/(٣٢×٣٢) = و^٢ ومن قسمة (٢) علی ١٦ تکون ب/١٦ = و^٢ اذاً س^٢/(٣٢×١٦) = ب/١٦ وس^٢ = ٤×١٦ ب وس = ٢√(١٦ ب) ثم لیدل ج علی قوة الجاذبیة المتصلة العمل المحسوبة. فلنا من المعادلة (٣) هذه المعادلة (٤) س = ٢√(ج ب) ومن المعادلة (٤) اذ کان ج لا یتغیر وکذلك ٢ ینتج ان البین یتغیر کمربع السرعة او مربع السرعة کالبین او السرعة کجذر البین وبالعکس.

(٤٨) طریقة سهلة لمعرفة عمق الآبار. یتضح مما تقدم اننا اذا عرفنا الوقت الذی یسقط فیه جسم عرفنا البین الذی یقطعه ایضاً. فاذا رمینا حجراً فی بیر وعددنا الثوانی التی تمرّ قبلما نسمع صوت وقوعه علی قعرها ثم ربّعنا عدد الثوانی وضربناه فی ١٦ قدماً یکون الحاصل عمق البیر اقداماً

اما الثواني فتعد بساعة ذات عقرب للثواني واذا لم يتيسر الحصول عليها تُعَدُّ دقَّات النبض وتُحسَب كل دقة ثانية. غير انه متى صدم الحجر الهواء بها خرج صوته قليلاً حتى يصل الينا ولكن وقت تأخره يكون قصيراً جداً فلا يعتدّ به هنا.

(٤٩) الاجسام الصاعدة. ان ما مرّ عن الاجسام الساقطة اذا عكسناه يصدق على الاجسام الصاعدة ايضاً. فاذا رُمي جسم الى فوق قلّت سرعته ٣٢ قدماً كل ثانية بدلاً من ان تزيد لان الجاذبية تضادّه. ولذلك اذا اريد ايصاله الى علوّ مفروض وجب ان تكون سرعته مساوية للسرعة التي يكتسبها عند سقوطه من ذلك العلو الى الارض المدلول عليها بالحرف س لانهُ يصعد في وقت مفروض بقدر ما يسقط. فاذا اطلقنا قنبلةً في جهة سمت الراس وبقيت دقيقتين صاعدة تبقى دقيقتين نازلة ايضاً في رجوعها. ويقتضي ان يكون زخمها عند ما تصيب الارض وهي نازلة بقدر ما كان عند خروجها من فم المدفع. ولكنّ الواقع خلاف ذلك لان الهواء يقاومها في سيرها فينقص زخمها السدس وهي صاعدة والسدس وهي نازلة

م

✣ ✣

✣

الفصل الرابع

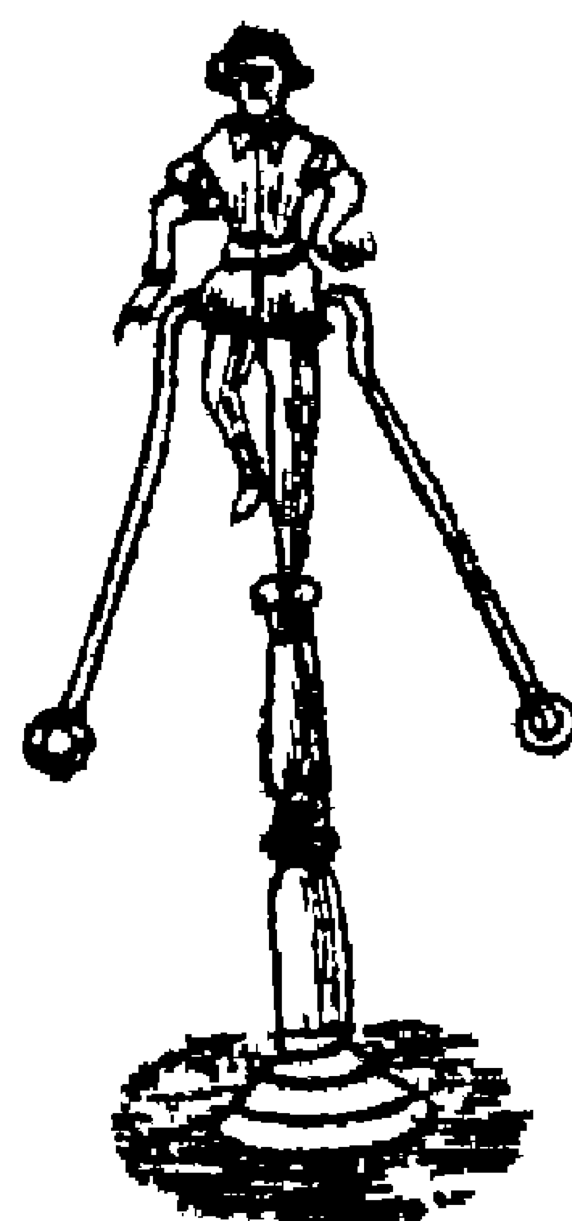
في مركز الثقل

(٥٠) مركز ثقل جسم هو النقطة التي يسكن الجسم اذا ارتكز عليها لتوازن الاجزاء المتقابلة على جانبيها كما اذا اُعلق ميزان بوضع عيار في احدى كفتيه يساوي ما وُضع في الاخرى ثقلًا. وخط الجهة هو الخط السمتي الذي يقع مركز الثقل فيه ويجري فيه الجسم اذا سقط وهو اذا امتدّ يمر بمركز الارض.

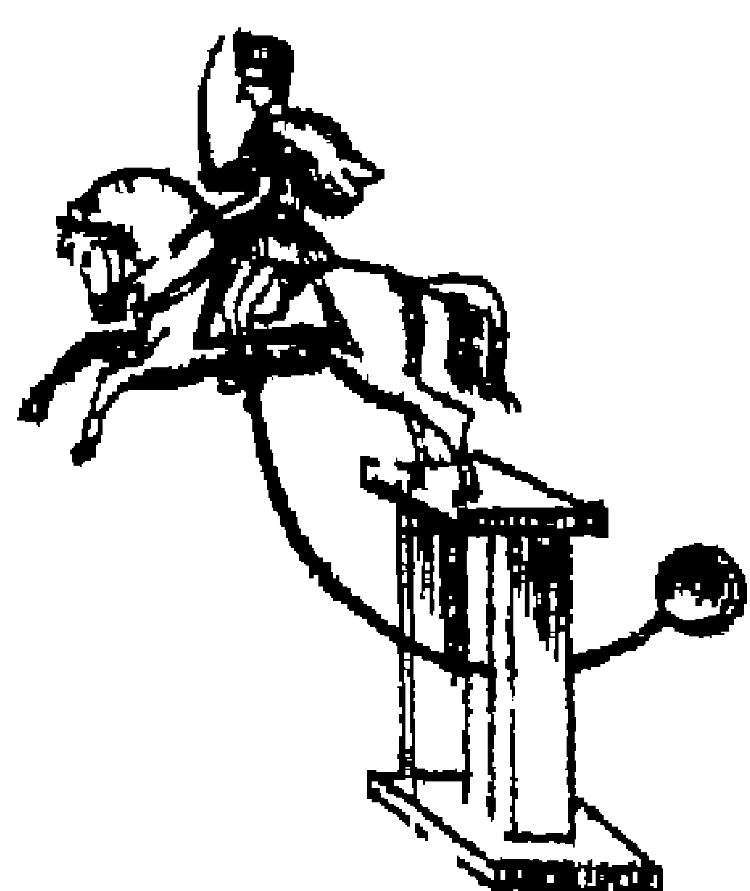
اذا اخذت عصا على اصبع شخص سواءٌ وضعت عليها افقية ام قائمة فمركز ثقلها هو النقطة في العصا الواقعة فوق الاصبع التي اذا رسم منها خطٌّ سمتي في الحالين يمر بالاصبع وذلك الخط هو خط الجهة وهي انما تهدأ لتوازن الجاذبية على اجزائها الواقعة على جانبي مركز ثقلها وهكذا يقال في كل جسم يهدأ على اي شيءٍ كان.

(٥١) حالات الموازنة. للموازنة على ثلاث حالات موازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة وموازنة مطلقة. فاولا اذا كان مركز الثقل تحت النقطة التي يرتكز عندها الجسم على شيءٍ او يعلّق منها بشيءٍ او اذا كانت ادنى حركة ترفع مركز الثقل قيل ان الجسم في حال الموازنة الثابتة.

مثال الشرط الاول الشكل ٤ حيث ترى صورة رجل مرتكز على قاعدة وقد علق به كرتان من الرصاص حتى صار مركز ثقله تحت نقطة ارتكازه. فما دامت الكرتان معلقتين به يبقى متوازنا وهادئا واما اذا رفعتا عنه فيسقط حالا. ومثال الشرط الثاني اي ان ادنى حركة ترفع مركز الثقل في الموازنة الثابتة الشكل ٥ وهو صورة لعبة مصنوعة لتسلية الاولاد فان الحصان وراكبه معلقان برجلي الحصان ويتصل ببطنه شريط ملتو

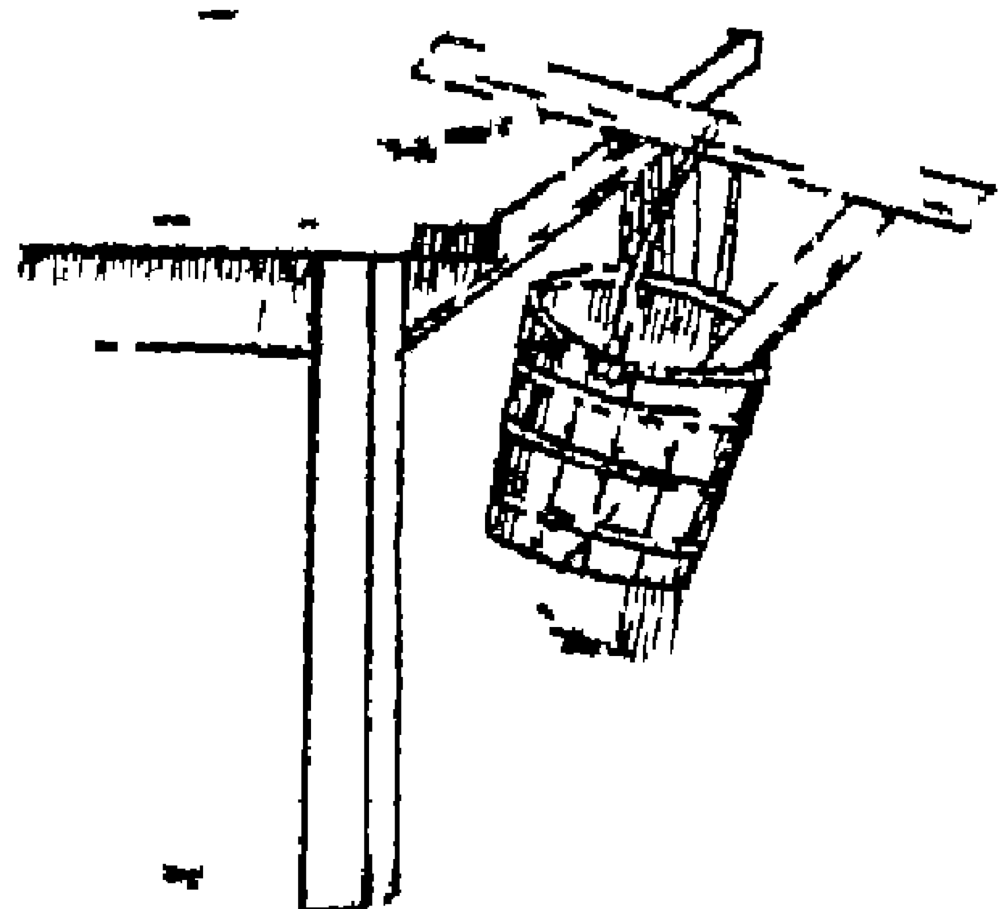


الشكل ١٤

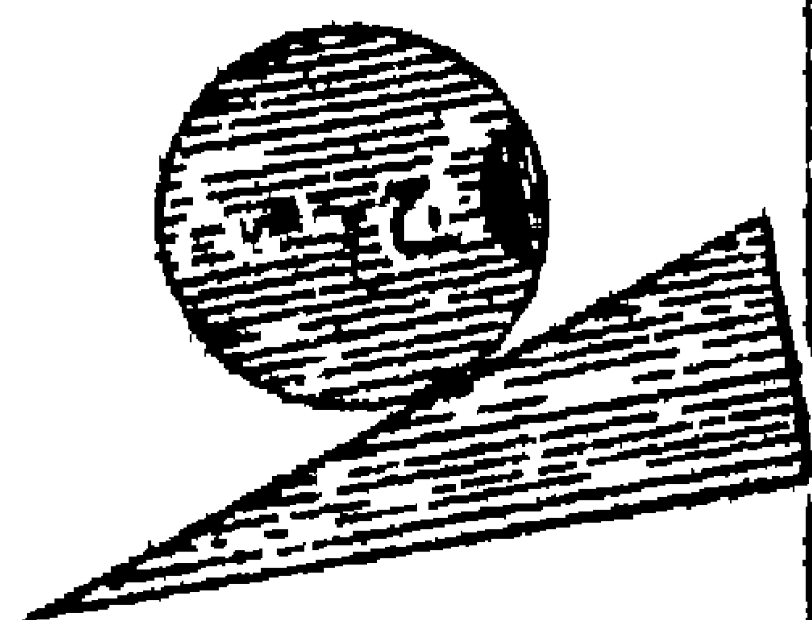


الشكل ١٥

التواء مستديرًا ومثقل من طرفه الآخر بكرة من الرصاص بحيث يقع مركز الثقل تحت نقطة التعليق. فاذا حركت اللعبة يرتفع مركز الثقل عن وضعه فيخطر ذهابًا وايابًا على جانبي نقطة التعليق حتى يهدأ تحتها فتخطر اللعبة بخطرانه وتهدأ بهدوءه وتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق ما يأتي: املأ دلوًا ماءً وعلقه على مائدة بعارضة من الخشب متصلة بعارضة اخرى تدخل الى قعر الدلو وتدفعه الى تحت المائدة كما ترى في الشكل ١٦ فيصير مركز الثقل حينئذ تحت نقطة التعليق فيثبت الدلو ولولا العارضة السفلى لسقط حالاً وقد يتحرك الجسم ضد الجاذبية ظاهرًا

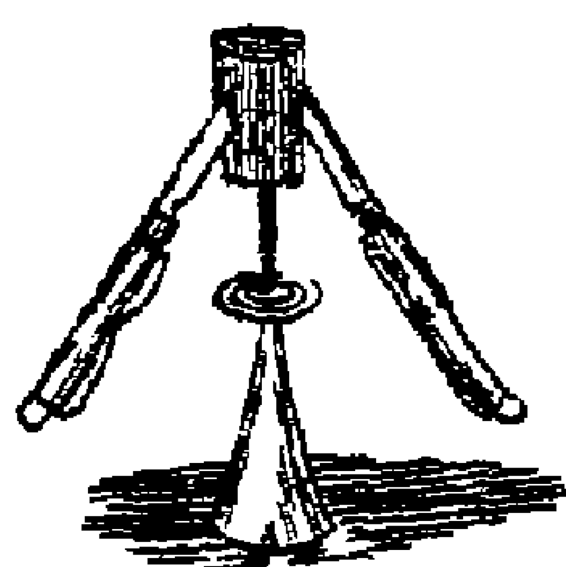


الشكل ٦



الشكل ١٥

اذ اطلب الموازنة الثابتة كما يظهر مما اذا اخذنا قرصًا من الخشب وثقلناه بثقل من الرصاص في جانبه كما ترى في الشكل، حتى يصير مركز ثقله عند ح فاذا وضعناه حينئذ على سطح مائل يصعد عليه حتى يصير مركز الثقل ح اسفل مركز الجسم الذي يحسب نقطة التعليق.



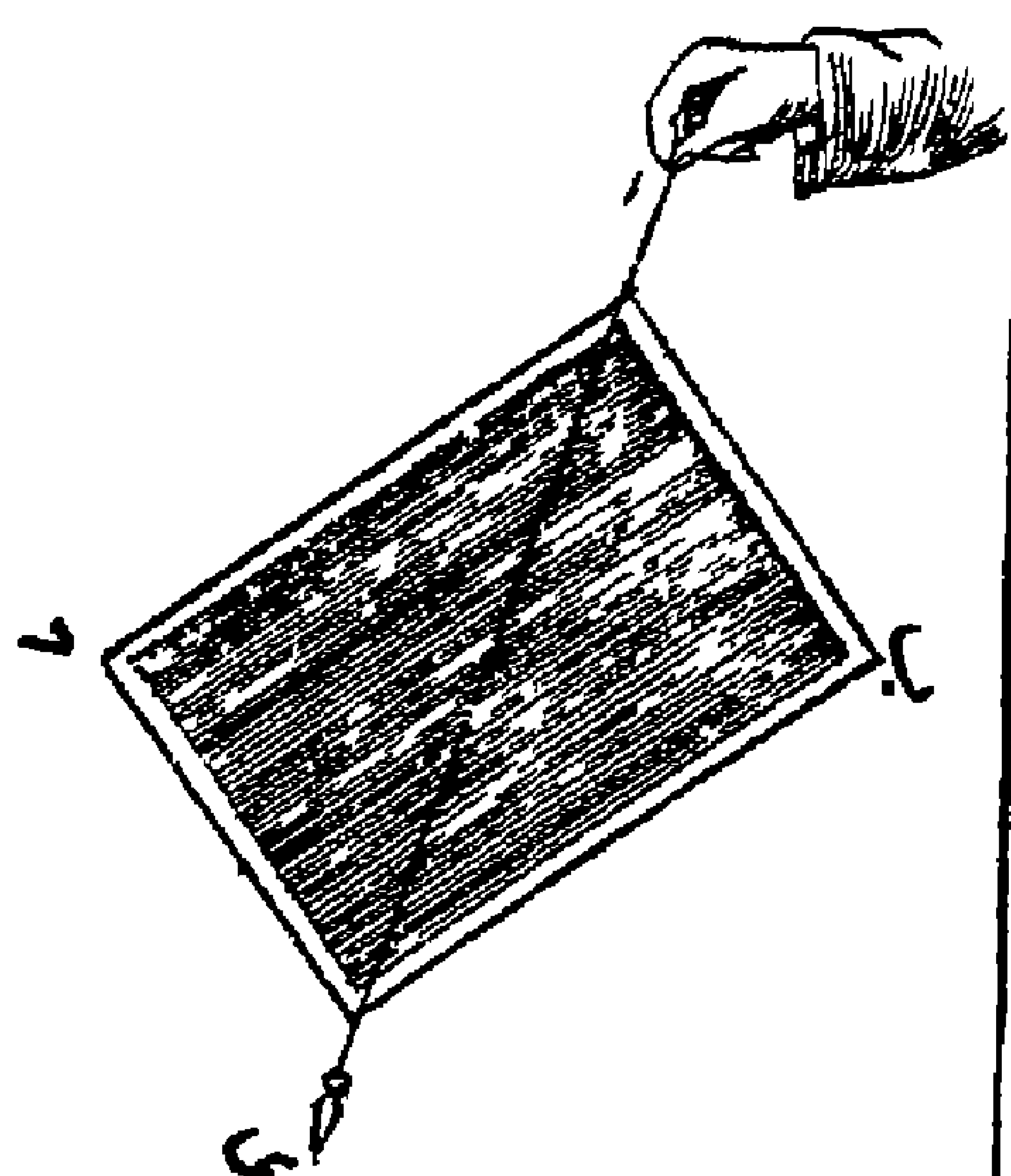
اذا اردنا ان توقف ابرة على راسها فليغرز طرفها طرفها الثاني عند ثقبها في فلينة مغروز فيها سكينان كما ترى في الشكل ١٨ فيصير مركز ثقل الجميع تحت نقطة الارتكاز وتهدأ على راسها بالموازنة الثابتة.

الشكل ١٨

ثانيا. اذا كان مركز الثقل فوق نقطة التعليق والارتكاز واذا كانت حركته تهبطه قيل انه في حال الموازنة غير الثابتة. فاذا اخذنا الفلينة متوازنة كما في الشكل ١٨ وقلبناها عسر علينا ان نجعلها تتوازن وان توازنت تكون سريعة الوقوع لان ادنى حركة تهبط مركز ثقلها.

ثالثا. اذا كان مركز الثقل هو نقطة التعليق او الارتكاز واذا كانت الحركة لا ترفعه ولا تهبطه قيل انه في حال الموازنة المطلقة. فاذا اخذنا كرة متساوية الكثافة ووضعناها على سطح مستوٍ تقف كيفما وضعت لان مركز ثقلها يتحرك في خط موازٍ للسطح المذكور كيف ادرناها فحينئذ يقال ان موازنة الكرة مطلقة.

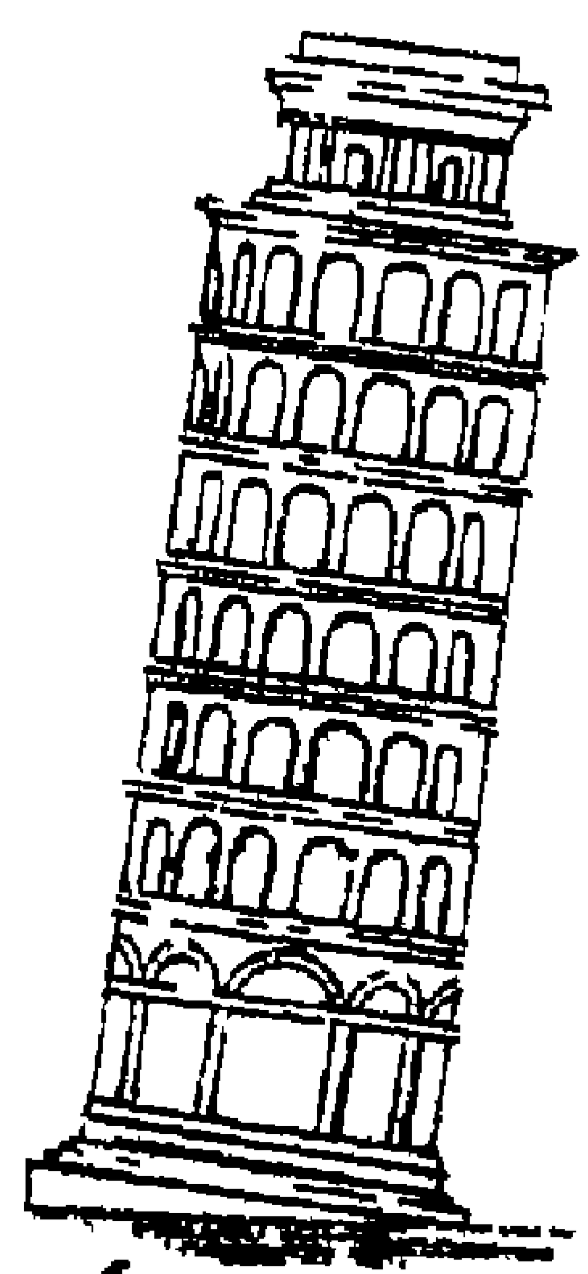
(٥٢) معرفة مركز الثقل. يُعرَف مكان مركز الثقل اما بجعل الجسم متوازنًا او بتعليقه من زاوية من زواياه كما ترى في الشكل ١٩ تربط رصاصة بطرف خيط وتعلق بالزاوية المشار اليها فيستعلم منها خط الجهة ا ى ثم تعلق بزاوية اخرى فيستعلم منها خط الجهة ب د فنقطة تقاطعهما س هي مركز ثقله.



الشكل ١٦

(٥٣) ان من يمعن النظر فيما تقدم لا تعسر عليه فهم القضايا الآتية وهي اولاً ان الجسم لا ينقلب فيسقط ما دام خط الجهة داخل قاعدته ولكنه يسقط حال وقوع خط الجهة خارجها مثاله اذا وقف انسان منتصبًا ملتصقا بحائط واراد ان يلتقط شيئًا موضوعًا قرب ابهام رجله جانيا الجزء الاعلى منه فانه يقع حالًا لان الحائط يمنع كفله عن التأخر الى الخلف ليوسع قاعدته فتبقى ضيقة و لا يستطيع ان يثبت نفسه عند انحنائه لالتقاط الشيء مهما كان حاذقا او نشيطا. فان كل من ينحني لاخذ شيء ما وهو واقف فلا بد ان يؤخر كفله الى الخلف لكي يوسع قاعدته فلا يسقط.

ثانيًا. بقدر ما يحتمل رفع مركز الثقل لجسم مع بقاء خط الجهة داخل قاعدة الجسم يكون ثبوته في محله اضعف.



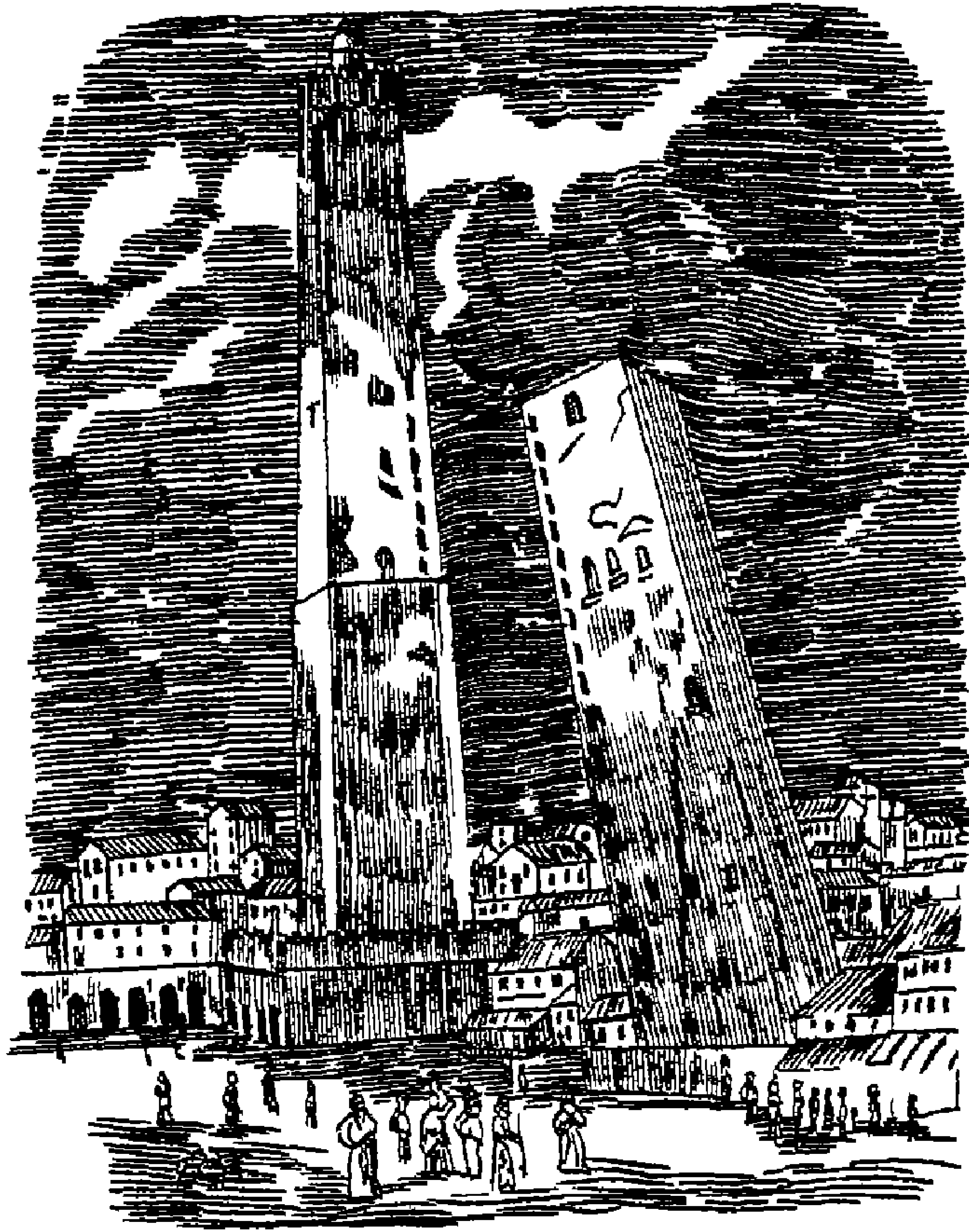
الشكل ٢

ثالثًا. بقدر ما يسفل مركز الثقل في جسم يصير اقوى ثبوتا في محله.

رابعًا. كلما ضاقت قاعدة الجسم وزاد علوه ضعف ثبوته وكلما اتسعت قاعدته وقل علوه قوي ثبوته.

(٥٤) من الامثلة على ما تقدم برج بيزا بايطاليا فان علوه ... قدمًا وراسه مائل ٥ اقدام عن قاعدته كما ترى في الشكل ٢. ولكن خط الجهة واقع داخل قاعدته كثيرًا حتى صار له اكثر من سبع مائة سنة مبنيا ولم يزل راسخا ثابتا كما كان قديما. واذا وقف انسان غريب عند اسفله اجفل خائفا من هبوطه عليه لعظم ميله. وسبب وقوع خط الجهة داخل قاعدته مع ميله هو ان الجزء الاسفل

منه مبني من حجارة كثيفة جدًا ووسطه من قرميد واعلاه من حجر خفيف ذي مسام ويقارب برج بيزا في الغرابة برجا بولونيا (الشكل ١٢) فان الاقل علوًّا منهما مائل ٨ اقدام عن الخط العمودي وعلوه ١٣٠ قدمًا.



الشكل ١٢ برج بولونيا المائل

(٥٥) ان الانسان يراعي شروط مركز الثقل في اكثر حركاته عن غير قصد وتكلّف. فان قدميه والفسحة التي بينهما هي قاعدة جسده ولذلك اذا اراد ان يوسع هذه القاعدة يميل ابهامي قدميه الى الوحشية اي الى الخارج. واذا اراد ان يقف على رجل واحدة يميل ليوقع خط الجهة داخلها واذا حمل دلوماء ينحني الى الجهة المقابلة ليوازنه. واذا صعد الى جبل ينحني الى الامام. واذا انحدر عنه يميل الى الوراء. واذا اراد ان ينهض عن كرسي ينحني الى الامام فيقع مركز الثقل فوق قدميه والا فعضلاته تعجز عن رفع جسمه. واذا مشى يميل

الى الامام فيوقع مركز ثقله امامه ولذلك لا يكون المشى الّا نوعًا من السّقوط. واذا ركض يميل الى الامام اكثر مما اذا مشى ولذلك لا يكون الركض الا سقوطًا اسرع من سقوط المشى

م
•

الفصل الخامس

في الرقاص

(٥٦) حدود: الرقاص هو كل ثقل معلق بحيث يتحرك بغير ممانعة. وخطوات الرقاص هو حركته ذهاباً وإياباً بقوة الجاذبية والاستمرار[1] وقوس خطواته هي الفسحة التي يتحرك فيها فاذا خطر في تلك القوس من طرف الى طرف قيل انه خطر نصف خطرة او خطرة مفردة واذا خطر من طرف وعاد اليه قيل انه خطر خطرة كاملة اومزدوجة. وسعته هي مقدار تلك الفسحة. واذا خطر في اوقات متساوية فخطواته تسمى متساوية الاوقات. وهو اما بسيط واما مركب فالبسيط ما تألف من ثقل فقط معلق بخيط لا ثقل له وهذا عديم الوجود لانه لا يوجد خيط عديم الثقل وانما يفرض موجوداً ليتوصل به الى معرفة نواميس الرقاص. والمركب هو كل جسم نجعله يخطر حول نقطة كرقاص الساعة. وهو في الغالب مؤلف من قضيب من الزجاج او الفولاذ ومتصل من راسه بصفيحة لدنة من الفولاذ ومن طرفه بقطعة من النحاس او معدن آخر عدسية الشكل او كرويته.

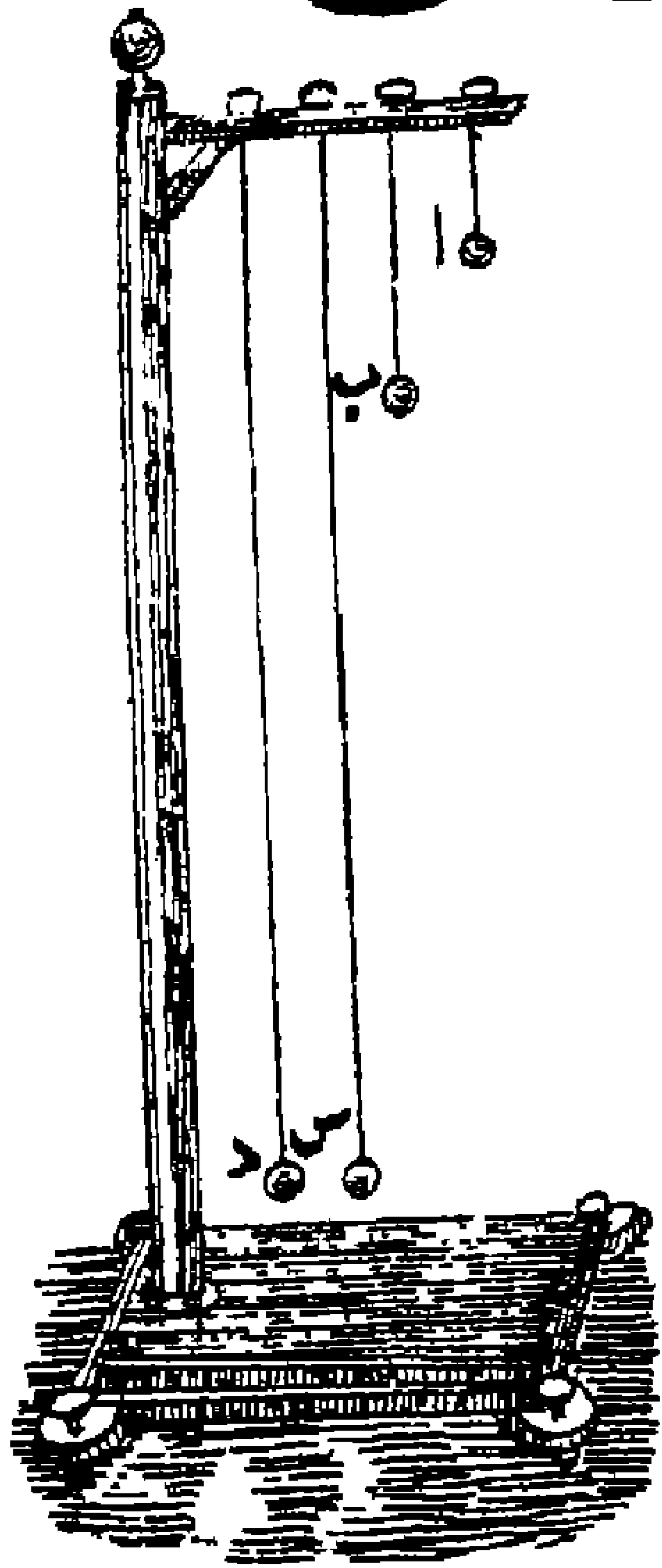
(٥٧) نواميس الرقاص: للرقاص اربعة نواميس الاول ان خطوات رقاص واحد تكون متساوية الاوقات اذا كانت سعاتها

(١) اذا ترك الرقاص لذاته فانه يسكن بجاذبية الثقل في خط سمتي. ثم اذا حرك يخطر حتى يبلغ نهاية قوس خطراته فترده الجاذبية الى وضعه الاول ولكنه يتجاوزه بالاستمرار حتى يبلغ نهاية قوس خطراته من الجهة الاخرى فترده الجاذبية ايضاً فيخطر كذلك حتى تسكنه قوة أخرى.

صغيرة⁽¹⁾. فاذا حرّكنا كرة من الكرات الاربع المرسومة في الشكل ٢٢ وعددنا الخطرات التي تخطرها في دقيقة واحدة وجدناها متساوية.

اكتشف هذا الناموس العلامة غليلو وهو فتىً. وكيفية اكتشافه له انه كان جالساً في كنيسة بيزا بايطاليا فرأى قنديلاً مدلّى من قبة الكنيسة يخطر ذهاباً واياباً فراقب اوقات خطراته فوجدها متساوية فاستدلّ منها على قياس الوقت بها.

الثاني. ان وقت الخطران لا يختلف مهما كانت مادّة ثقل الرقاص. فاذا كانت الكرة س في الشكل ٢٢ من حديد والكرة د من خشب تخطران معاً في وقت واحد.



الشكل ٢٢

الثالث. اذا خطر اكثر من رقاص واحد واختلفت طولاً فاوقات خطراتها لا تكون متساوية بل متناسبة للجذور المالية من اطوالها فاذا كان طول ا في الشكل ٢٢ ⅑ طول س وخطرا معاً يسرع ا ثلاث مرات سرعة س لان الجذر المالي من ٩ هو ٣ واذا كان طول ب ربع طول س يسرع ب سرعة س مرتين. وبالعكس اذا خطر اكثر من رقاص واحد فاطوالها تكون متناسبة لمربعات اوقات خطراتها. فالرقاص الذي يخطر خطرة واحدة في الثانية يكون طوله ٤ امثال طول رقاص يخطر خطرة واحدة في نصف ثانية.

الرابع. اذا خطر رقاص واحد فاوقات خطراته تختلف باختلاف الاماكن على سطح الارض اي انها تقصر بقدر ما يزيد الجذر المالي من قوة الجاذبية. فاذا خطر على خط الاستواء كان خطرانه ابطأ مما يكون على

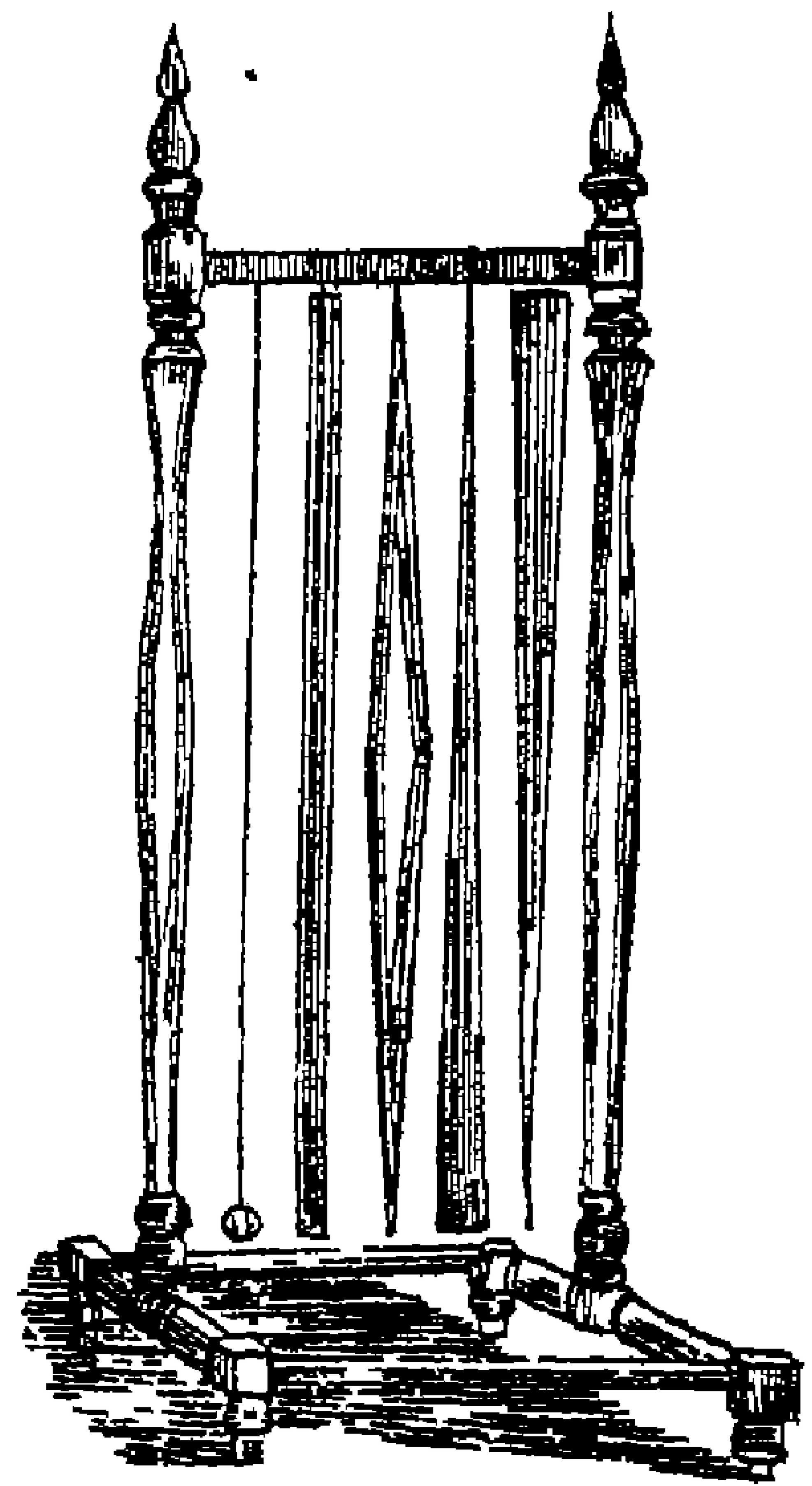
(١) واما اذا كانت سعاتها كبيرة كما اذا زادت عن اربع درجات او خمس فلا يصدق تماماً.

عرض آخر. واذا خطر على قطب من القطبين كان اسرع لان اضعف الجاذبية على خط الاستواء واشدها على القطبين كما مرّ (عدد ٤٥) ولما كانت الاطوال مناسبة لمربعات اوقات الخطران فطول الرقاص الذى يخطر خطرة فى الثانية يختلف باختلاف العرض على سطح الارض كما ترى

فى سبتسبرجن	٥٩° ٤٩′ ٥٨″	٣٩ ٢١ ٤٦ ٥	من القيراط
فى ادنبرج	٥٥ ٥٨ ٤٠	٣٩ ١٥ ٥٤	〃
فى لندن	٥١ ٣١ ٠٨	٣٩ ١٣ ٩٠	〃
فى جاميكا	١٧ ٥٦ ٠٧	٣٩ ٠٣ ٥٠	〃
فى سيراليونى	٠٨ ٢٩ ٢٨	٣٩ ٠١ ٩٥	〃

وكذا يختلف الرّقاص الذى يخطر فى غير الثوانى.

(٥٨) مركز الخطران: ان طول الرقاص المطلق يقاس من طرفه الواحد الى طرفه الآخر واما طوله الحقيقى فيقاس من نقطة تعليقه الى مركز خطرانه. ومركز خطرانه يتضح مما يأتى وهو: ان القسم الاعلى من الرّقاص يخطر اسرع من القسم الاسفل وبذلك يزيد سرعة الرّقاص والقسم الاسفل يبطئ عن الاعلى وبذلك يقلّل سرعته. فلابدّ من ان يكون بين القسم الاعلى والقسم الاسفل نقطة لا تسرع ولا تبطئ عما لو تحركت وحدها معلقة بخيط وهمى فهذه هى مركز الخطران وموقعها تحت مركز الثقل قليلا. ويظهر ما يحصل من الفرق بين طول الرقاص الحقيقى وطوله المطلق من الشكل ٢٣ فانه يحتوى على رقاصات مختلفة الاشكال طولها المطلق واحد واما طولها الحقيقى فمختلف فاذا حرّكت معاً تنفاوت اوقات خطراتها فلا يخطر اثنان منها فى وقت واحد.



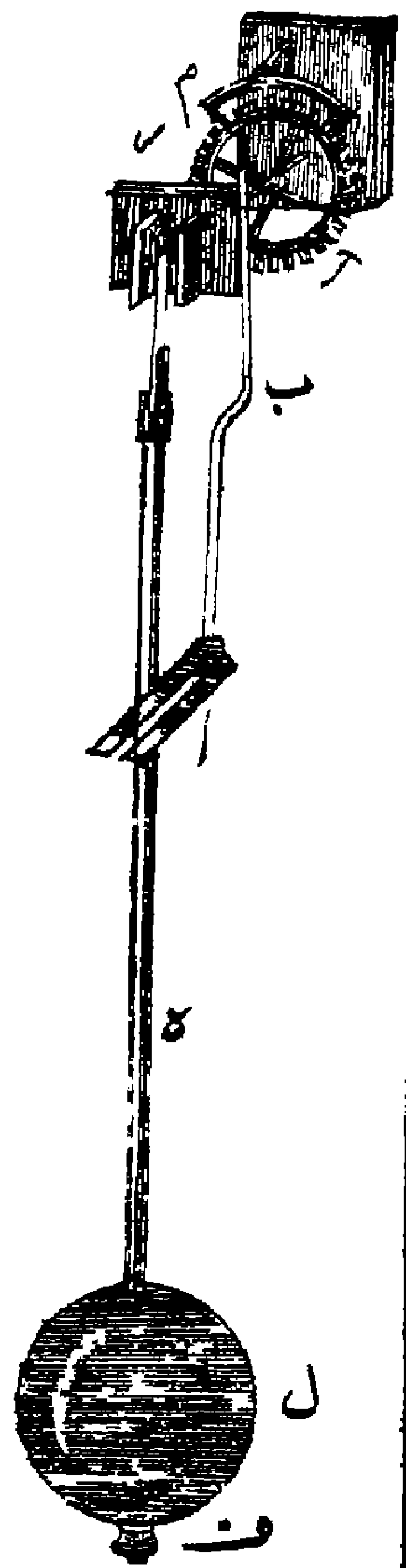
الشكل ٢٣

(٥٩) معرفة مركز الخطران بالتجربة اذا اجعلت نقطة التعليق مركز الخطران وجعل مركز الخطران نقطة التعليق بقي الرقاص كما كان فلذلك اذا تحققنا وقت خطرات رقاص ثم اذا دناه جاعلين نقطة التعليق الى اسفل وعلقناه بنقطة اخرى فحينئذ رجع وقت خطراته كما كان كانت تلك النقطة هي مركز الخطران فتحسب نقطة التعليق و تحسب نقطة التعليق مركز الخطران

ويعرف مركز الخطران بطريقة اخرى ايضاً وهي ان نربط رصاصة بخيط دقيق خفيف فتحسب رقاصا بسيطا لان الخيط يكاد يكون بلا ثقل لخفته بالنظر الى الرصاصة ثم نعلق الخيط بالمحور المعلق به الرقاص المطلوب مركز خطرانه بحيث يقع تجاه الرقاص ونحركه ونطيله او نقصره اذا اقتضى الامر حتى يخطر هو والرقاص في وقت واحد ومتى هذا نعين المسافة التي يتحرك فيها رقاص الرصاصة ونستعلم مركزها فهو مركز الخطران بالتقريب .

(٦٠) قياس الوقت بالرقاص اذا علقنا رقاصا بمسمار وحركناه يخطر مدة ثم يهدأ لانه يحتك بالمسمار عند نقطة تعليقه فتقل حركته ولان الهواء يقاومه وهو يخطر فيه فتقل حركته ايضاً فتقف فاذا اريد تحريكه تحريكا دائماً اقتضى ان يعوض له عما يخسره بالاحتكاك ومقاومة الهواء وذلك يكون باستخدام الدواليب وادوات اخرى كما ترى في الساعة الاعتيادية فان الاتها انما يقصد منها ادامة حركة الرقاص وعد خطراته .

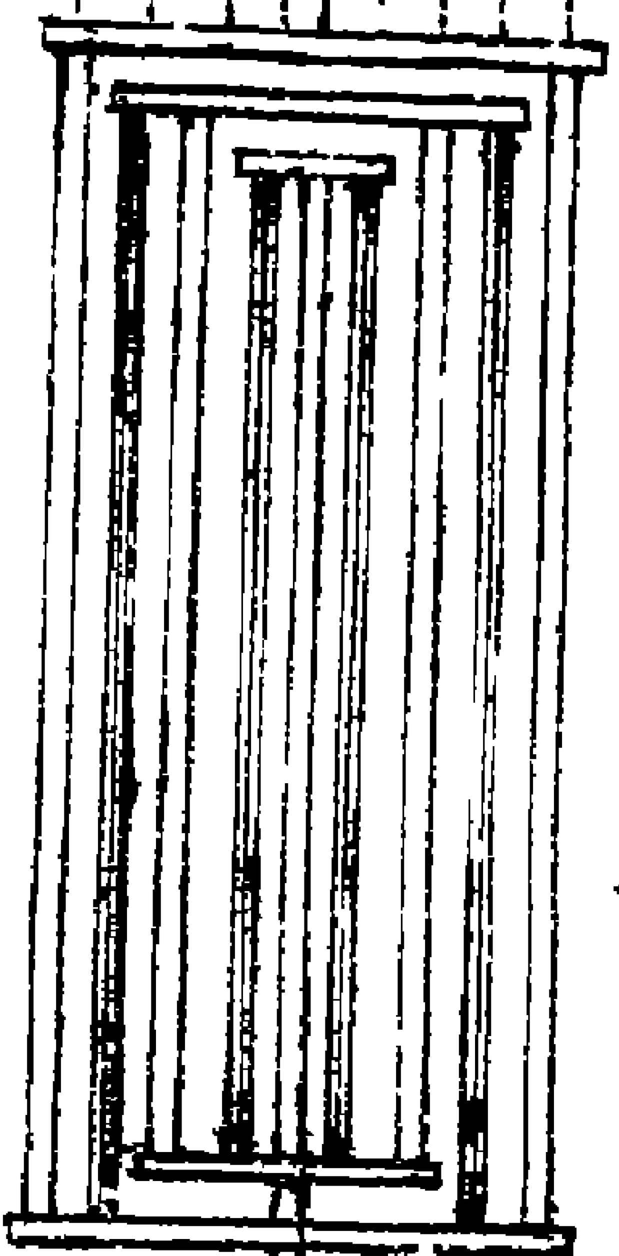
انظر الى الشكل ٢٤ فان د دولاب بديره الثقل او الزنبرك ولم يرسم هنا وم ن شاكوش يحرك بالماسك المشعب ا ب ويمسك اسنان الدولاب بطرفيه . فكلما خطر الرقاص خطرة مزدوجة يفلت الشاكوش سنا من اسنان الدولاب فتعد خطرات الرقاص بذلك . فالاحتكاك ومقاومة الهواء يعوض عنهما بالثقل او الزنبرك



الشكل ٢٤

الذي يدير الدولاب لانه يشتد بالدولاب دائماً فاذا افلتت سن من اسنانه من الشاكوش تدفع الشاكوش فتصل قوة الدفع منه الى الماسك المشعب ومن الماسك الى الرقاص فيستعين بهذه القوة على مقاومة الاحتكاك و الهواء ويبقى متحركاً على الدوام ثم اذا اتصل بمحور الدولاب عقرب يدور على مينا فكلما افلتت من الدولاب سن يدور العقرب على المينا فيقيس خطرات الرقاص فيقدر الوقت بذلك . ويتضح كل ما تقدم من النظر الى الآن ساعة دائرة

(٦١) تأخر الساعات وتقدمها * لا يخفى ان الحرارة تمدد الاجسام اي تكبر حجمها والبرودة تقلصها اي تصغره فلذلك يطول الرقاص في الصيف ويقصر في الشتاء فتتأخر الساعات في الصيف وتتقدم في الشتاء (عد ٥٧ الناموس الثالث) ويصلح ذلك برفع ثقل الرقاص ل او بخفضه بواسطة اللولب ف في آخر القضيب د ف .


الشكل ٢٥

(٦٢) الرقاص التعويضي او المصنّع * هذا الرقاص مؤلف من قضبان نحاسية وقضبان فولاذية متصلة بعضها ببعض على شكل ان قضبان النحاس ن ن ن ن في الشكل ٢٥ تطول صاعداً اذا تمددت و قضبان الفولاذ ف ف ف ف تطول نازلاً فيبقى مركز الخطران غير متغير ولو تغيرت درجة الحرارة. والرقاص الزئبقي يشتمل على كأس فيها زئبق

فاذ ازادت الحرارة وتمدد قضيب الرقاص نازلا يتمدد الزئبق في الكأس صاعدا فيبقى مركز الخطران في محله.

(۶۳) فوائد الرقاص. اولا لما كان وقت خطران الرقاص يدل على قوة الجاذبية (عد ۵ الناموس الرابع) ولما كانت قوة الجاذبية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد عن مركز الارض (عد ۴۲ ثانيا) فاذا انتقلنا بالرقاص من مكان الى آخر عرفنا من خطرانه طول نصف قطر الارض في ذلك المكان ومن معرفة طول نصف قطر الارض في اماكن شتى يعرف شكل استدارتها. ثانيا اذا استعلمنا قوة الجاذبية في مكان نستعلم منها سرعة جسم ساقط (عد ۴۷). ثالثا يمكن استعمال الرقاص قياسا ثابتا للمقاييس فان الاقيسة الانكليزية منقولة عن طول رقاص الثواني في مدينة لندن. رابعا ان العلامة فوكول اثبت دوران الارض عيانا بالرقاص وهذه الفائدة الاخيرة والفائدة الاولى يستوفى الكلام عليهما في علم الهيئة. وللرقاص فوائد اخرى لا محل لاستيفائها هنا.

(۶۴) مسائل للتمرين. (۱) اذا سقطت تفاحة الى الارض فكم تنهض الارض لملاقاتها. (۲) اعلى الجبل يزيد ثقل الجسم ام في الوادي. (۳) اسقوط الاوقية ابطأ من سقوط الاوقيتين ام لا (۴) القى حجر في بئر فلم يبلغ قعرها الا بعد ثلاث ثوان فكم عمقها (۵) هل يكون مركز الثقل داخل الجسم دائما. (۶) اين مركز الثقل لحلقة من حديد الجواب في مركز دائرتها. (۷) اين مركز الثقل لكرة متساوية الكثافة. (۸) لماذا تتدحرج الكرة عن الجبل (۹) لماذا يدحرج الجسم المستدير اسهل مما يدحرج المربع. (۱۰) لماذا يسهل قلب ضغث من البلان ويعسر قلب حمل من الحجارة (۱۱) لماذا يكون الهرم امتن الابنية. (۱۲) لماذا يحمل البهلوان عصا ثقيلة طويلة وهو يمشي على الحبل. الجواب. ليوسع قاعدته فيقل الخطر عليه من السقوط. (۱۳) اذا حملت ساعة الى رأس جبل اتتقدم ام تتأخر. واذا حملت الى القطب الشمالي. (۱۴) اتقصر

رقاص ساعتك ام تطوله فى الشتاء. (١٥) لماذا يفضّل ان يكون ثقل الرقاص مسطحا لا كرويا. (١٦) ما هو سبب تلك الساعة. (١٧) كم هو طول رقاص يخطر خطرة فى الدقيقة على عرض نيويورك (طول رقاص الثوانى فى نيويورك ٣٩,١ القيراط) الجواب (ثانية) ١: (٦٠ ثانية)٢ :: ٣٩,١ القيراط : + ٢٫٢٢ الميل وهو المطلوب. (١٨) وكم هو طول رقاص فيها يخطر خطرة فى نصف ثانية. وآخر يخطر خطرة فى ربع ثانية. وآخر خطرة فى الساعة (١٩) اذا كان طول رقاص ١٦ قيراطا وطول آخر ٣٦ قيراطا فما هى نسبة وقت خطران احدهما الى وقت خطران الآخر. (٢٠) اذا وقفت بلصق حائط فلماذا لا تقدر ان ترفع حجرا من بين قدميك. (٢١) اذا سقط حجر عن راس برج علوه ٩٨ قدما فبأى سرعة يصيب الارض (٢٢) بقى جسم ٥ ثوان ساقطا فبأى سرعة يصيب الارض. (٢٣) رمى جسم الى فوق بسرعة ١٩٢ قدما فى الثانية الاولى فالى اى علو يصل. تحل هذه المسألة كما تحل الآتية: كم يسقط الجسم حتى تصير سرعته ١٩٢ قدما. (٢٤) اذا اطلقت رصاصة الى فوق بسرعة ٢٥٦ قدما فالى اى علو تصل وكم تبقى صاعدة. (٢٥) لماذا لا تنزل نقطة المطر بحكم مطابق لنواميس الاجسام الساقطة. الجواب لصغر حجمها فيقاومها الهواء حتى يفنى سرعتها تقريبا. ولولا عناية البارى تعالى فى مقاومة الهواء لها لكانت سرعتها تزيد حتى تصير فى آخر الدقيقة الاولى من وقوعها مثل سرعة قنبلة المدفع ولكان المطر شرا على البشر والارض باسرها من رصاص المتحاربين عند اشتداد المعارك. (٢٦) هل يكون خطان سمتيان متوازيين. (٢٧) سقط حجر عن جسر فاصاب الماء فى ثلاث ثوان فما هو علو الجسر. (٢٨) سقط حجر عن راس برج كنيسة فاصاب الارض بعد اربع ثوان فما علو البرج. (٢٩) اذا سقط جسم عن ارتفاع ١٢٠٠٠ ميل عن سطح الارض فكم يسقط فى الثانية الاولى. الجواب على هذا الفرض بعده عن مركز الارض ٣ اضعاف بعد جسم على سطح الارض عن المركز فجاذبيته تكون ١/٩ من جاذبيته ١/٩ × ١٦ = ١٦/٩ قدم. (٣٠) وزن جسم على سطح الارض مائة قنطار فما وزنه على ارتفاع ١٠٠٠ ميل عنه. (٣١) اراد ولد ان يستعلم علو برج فرمى اليه سهما فبلغ السهم راس البرج ونزل الى الارض فى ٦ ثوان فكم علو البرج.

(٣٢) سقطت هرة من منطاد فاصابت الارض فى عشر ثوان فمن اى علو سقطت (٣٣
طول رقاص ٤٠ قدما ففى كم من الزمان يخطر خطرة واحدة. الجواب ١٠ اذا فرض
طول رقاص يخطر ثوانى فى بيروت ٣٩ قيراطا تقريبا تكون النسبة بموجب رعد
٥٧) هكذا ٣٩١ : ٤٠ × ١٢ :: ١² : ثَ² ؛ وثَ = ٣٤ ١٢ ١ و و = ٥٤ ٣ تقريبا. (٣٤)
وزن جسم على سطح الارض ٢٠٠٠ اوقية فما وزنه على ارتفاع ٢٠٠٠ ميل
عنه. وعلى ارتفاع ٥٠٠ ميل. (٣٥) على اى ارتفاع عن الارض
يسقط الجسم فى الثانية الاولى ٣/١ ١٢ قدم فقط. الجواب ٢٠/١٢ ١٦
١٢ :: ٤٠٠٠² : مربع البعد = ٧٥ ٥٦٧٥ ٢٠ وجذر هذا
المالى ٤٥٥٦ ميلا تقريبا وهو البعد عن مركز الارض
اطرح ٤٠٠٠ بعد سطحها عنه يبقى ٥٥٦ ميلا فعلى هذا
العلو يسقط ٣/١ ١٢ قدم فى الثانية. (٣٦) كم
يسقط الجسم فى ٨ ثوان. وفى الثانية الثامنة
وفى ١٠ ثوان. وفى الثانية الثلاثين.

❖

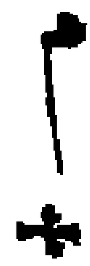


ملحق

في تاريخ الساعات

كان القدماء يقسمون الوقت بآلات كلية البساطة اقدمها المزولة (اي الساعة الشمسية) والساعة الرملية والساعة المائية وهي عبارة عن كونه مثقوبة تملأ ماء وتوضع فوق وعاء فيه جسم خفيف فينزل الماء من ثقبها الى الوعاء ويطفو الجسم الخفيف عليه فيستعلم الوقت من ارتفاع ذلك الجسم. وقد تفنن العرب كثيرا في هذه الساعة واتقنوها اتقانا عظيما ويقال ان الخليفة هرون الرشيد اهدى شارلمان الافرنجي ساعة بديعة الصنعة في القرن التاسع. وروى المؤرخون ان ملك الانكليز الفرد الكبير كان يقسم الوقت باضاءة شمع متساوي الحجم فيوقد كل يوم ست شمعات واضعا اياها ضمن علب من قرن الحيوان ليمنع عنها مجاري الهواء فيستعلم الوقت منها ولم تستعمل الساعة في اوربا قبل القرن الحادي عشر والظاهر انها نقلت اليها عن العرب ولا استعمل الرقاص فيها قبل اوائل القرن السابع عشر. ولما صنعوا الساعة الاولى في بلاد الانكليز سنة ١٢٨٨ ب.م. كان لها عندهم قيمة وسماع حتى انهم وكلوا بها رجلا من ذوي المراتب السامية. وكانت ساعات هاتيك الازمان على غاية من الاتقان تدل على حركات الاجرام السماوية ويخرج منها اطيار مغردة وديوك صائحة وجنود مبوقة واجراس رنانة واساقفة وخوارنة ورهبان وضباط وقواد مختلفة الملابس والهيئات وترحل مينا ها مخبرة بالوقت. وفي القرن الخامس عشر صنعت الساعات الصغيرة في مدينة نورمبرج بالمانيا وكانت تسمى بيض نورمبرج وشاع استعمالها في القرن السادس عشر فكان منها ما هو صغير كساعات هذه الايام لا

ما هو كبير كالصحون غير انها كانت تدوّر مرتين فى اليوم ولم يكن فيها عقرب للثواني ولا للدقائق وكانت مع ذلك عسرة العمل مؤلفة من ٨٠٠ قطعة. وفى سنة ١٦٥٨ اخترع الدكتور هيكن الزنبرك فصارت الساعات الصغيرة تجرى بدقة الرقاص وتسهل عملها كثيرًا فلا يوجد الآن فى الساعات الصغيرة المعروفة بساعات ولتهم اكثر من ٢٠٠ قطعة. وقد برع اهل هذا الزمان فى صنع الساعات براعة غريبة حتى ان بعضها لا يخل اكثر من دقيقة فى نصف سنة



الباب الثالث

فی الحرکة

الفصل الاول

فی الحرکة والقوة

(٦٥) حدودہ الحرکة الانتقال من مکان الی آخر وھی امّا مطلقة وامّا نسبیّة، وعدمها السکون وھو ایضا امّا مطلق وامّا نسبی. فالحرکة المطلقة ھی انتقال الجسم بالنظر الی جسم آخر تام السکون والحرکة النسبیة ھی انتقال الجسم بالنظر الی جسم آخر نسبیّ السکون کانتقال الانسان من محل الی آخر فان حرکتہ تکون بالنسبة الیھما. والسکون النسبی مثل جلوس المسافر فی سفینة جاریة فانہ ساکن بالنسبة الی سواریھا وبقیة ما فیھا ولکنہ متحرک بالنسبة الی الماء والاماکن التی تمرّ السفینة علیھا واما السکون المطلق فلا علم لنا بوجودہ.

لا یسکن الجسم سکونا مطلقا الا اذا خلا من الحرکة تماما ولا دلیل علی انہ یوجد جسم کذلک فی الکون. فان الارض تتحرک بکل ما فیھا دائرة حول الشمس وکذلک سائر السیارات والاقمار وقد ثبت ان الشمس وبعض النجوم الثوابت تتحرک فی السماء ولا یبعد ان تکون النجوم الثوابت کلھا متحرکة ایضا. والمظنون ان کل الاجسام تتحرک حرکة ذاتیة مستقلة عن حرکة الارض وغیرھا من الحرکات الظاھرة.

فان النجم مثلاً يظهر لنا ساكناً على الارض ولكن دقائقه تتحرك تحركاً عنيفاً فيما بينها على ما يُظن ولو كان ذلك لا يظهر باقوى المكبرات * ولما كانت الحركة المطلقة لا تعرف الا بالنظر الى السكون المطلق وكان هو غير موجود فهى غير موجودة . ولذلك يقال ان الحركة ناموس من النواميس الطبيعية ولا بد منها لقيام الكون واما السكون فلا يكون الا بالنسبة اليها * ومعدل الحركة هو السرعة فاذا تحرك جسم عشرة اميال فى الساعة قيل ان سرعته عشرة اميال

(٦٦) انواع الحركة * الحركة اما مستقيمة واما منحنية . فالمستقيمة هى التى يتحرك بها الجسم فى خط مستقيم والمنحنية هى التى يتحرك بها الجسم فى خط منحنٍ وسيأتى تفصيلها . وكلٌّ منهما اما متساوية او متفاوتة فالمتساوية هى التى يقطع بها الجسم ابياناً متساوية فى اوقات متساوية . مثالها دوران عقرب الساعة فانه يدور دورانه على مينائها فى اوقات متساوية ودوران دولاب الماء اذا حركه الماء بقوة متساوية . والمتفاوتة هى التى يقطع بها الجسم ابياناً غير متساوية فى اوقات متساوية . فاذا تزايدت الابيان التى يقطعها فى وقت واحد قيل ان حركته المتفاوتة متسارعة كحركة المركبة عند اول جريها فانها تبتدئ ببطوءٍ ثم تسرع تدريجاً وكذلك نزول الاجسام كما مرّ (عد ٢٦) . واذا تناقصت الابيان التى يقطعها فى وقت واحد قيل ان حركته المتفاوتة متباطئة كحركة المركبة عند ما يراد توقيفها فانها تتباطأ تدريجاً حتى تسكن وكذلك صعود الاجسام كما مرّ (عد ٢٩)

(٦٧) اضداد الحركة * اشهر اضداد الحركة ثلاثة: الاحتكاك و الهواء وجاذبية الثقل . فالاحتكاك فى مصطلح الفلاسفة هو الممانعة الحاصلة لحركة الجسم من السطح الذى يزلق الجسم او يتدحرج عليه فالاحتكاك على نوعين احتكاك الزلق واحتكاك التدحرج . والسبب فى احتكاك الاجسام بعضها على بعض خشونتها فان الاجسام مهما صقلت و ملست لا يزال بعض اجزائها ناتئاً و بعضها غائراً كما يظهر اذا نظرت بالمكرسكوب فلو امكننا صقلها حتى تصير تامة الملاسة لتلاشى الاحتكاك ولكننا

انما نستطيع الآن ان نقلل احتكاكها بترتيب سطوحها او بدهنها بالشحم حتى تمتلئ الاجزاء الغائرة التي فيها فتصير على مساواة التنا سق والاحتكاك يختلف كثيرا بين الاجسام فاذا كانت من مواد متشابهة كان عظيما واذا كانت من مواد غير متشابهة كان قليلا. واذا زاد ضغطها بعضها ببعض زاد واذا قل قل. وهو كبير المنفعة فلولاه لم تكن فائدة للمسامير واللوالب والخيطان والدواليب لانها لا تثبت الا به. ولولاه ايضا ما استطاع الانسان ان يلتقط او يمسك شيئا ولا ان يقف او يمشي بل كان يزلق كل خطوة اكثر ممن يزلق على املس الجليد.

والهواء يحيط بكرة الارض من كل ناحية فحيثما سار الانسان على سطحها او صعد عنه الى الجو او نزل من الجو اليه عارضه الهواء وقاوم حركته. وذلك لان الانسان اذا تحرك طرد الهواء من مكانه وحل محله. وهذا لا يكون بدون ان يقاومه الهواء. وقد وجد ان هذه المقاومة تزيد بقدر مربع السرعة. لان مقاومة الهواء له تزيل بعض قوته اي زخمه فهي كناية عن زخم ولنفرض ذلك الزخم والزخم يتغير كتغير السرعة في المادة كما سيأتي بعيد هذا فلنفرض كمية المادة ك وس السرعة لذلك م = س × ك. ولكن بما انه بزيادة السرعة تزداد كمية الهواء المقاوم وبنقصانها تنقص تكون س = ك ويصح ان نضع س موضع ك في العبارة المذكورة فتصير م = س. وهكذا يقال في مقاومة الماء لجسم يجري فيه.

(٦٨) القوة هي ما يحدث الحركة او يبطلها فاذا دامت تحرك الجسم كقوة الجاذبية سميت المتصلة والا فهي المنقطعة. واشهر القوات الطبيعية قوة الجاذبية وقوة الاجسام الحية كقوة الانسان والحيوان وقوة الاجسام المرنة. ويعتبر في القوة ثلاثة امور مكان فعلها في الجسم

وجهتها ومقدارها. اما مكان فعلها فهو النقطة التي تفعل بها من الجسم واما جهتها فهي الخط الذي تسير فيه تلك النقطة واما مقدارها فهو وتقاس عادة بعدة ليبرات او ارطال او غيرها من الاوزان.

اذا ربط ولد حجرا بخيط وجره فالجر هو فعل قوته والنقطة التي يربط الخيط بها من الحجر هي مكان فعلها والخط الذي يجر الحجر عليه هو جهتها واما مقدارها فيكون بالنسبة الى ثقل الحجر.

(٩٩) بقاء القوة. قد تقدم ان المادة لا تتلاشى بل تتحول من صورة الى اخرى (عد ١٢) وكذلك القوة فان الطفل اذا رفس الارض برجله فقوة رفسه تتحول الى حركة فتحرك الارض كلها وهذه الحركة تتحول الى فعل آخر وهلم جرا. وعلى هذا المنوال يقطع الحبل خرزة البئر وتأكل القدم الناعمة الصخرة الصماء.

(١٠٠) الزخم. اذا تحرك جسم بقوة ولم تمانعه اضداد الحركة حتى صدم جسما آخر فانه يصدمه بقوة تساوي القوة التي تحرك بها وتسمى قوة صدمه هذه زخما. فالزخم هو مقدار قوة حركة الجسم ويساوي ثقله مضروبا في سرعته معبرا عنها باقدام او غيرها فاذا رمي حجر ثقله ٥ ارطال بسرعة ٢٠ قدما في الثانية فزخمه = ٥ × ٢٠ اي ١٠٠ رطل.

(١٠١) ان زخم جسم اذا كان ناتجا عن قوة متصلة كقوة الجاذبية هو اعظم جدا منه ناتجا عن قوة منقطعة اذ كانت السرعة الاخيرة لقوة متصلة تزداد كالوقت او كمربع البين (عد ٨٤) والجسم المتحرك بقوة منقطعة سرعته واحدة في كل الوقت فيبقى زخمه واحدا. ولكن الجسم الساقط بقوة الجاذبية يقاس ويعرف زخمه في آخر وقت مفروض بالحاصل من ضرب سرعته الاخيرة في مقدار مادته. فلو فرض ثقل جسم ساقط بالجاذبية ٦ ارطال لكان زخمه في آخر الثانية الاولى ٣٢ × ٦ = ١٩٢ وفي آخر الثانية ٦٤ × ٦ = ٣٨٤ فزخمه يزداد الى مقدار فاحش بزيادة الوقت. وفي ضربة شاكوش على مسمار مثلا او مهدة على حجر او غير ذلك ربما يلزم المسمار

ثقل قناطير فوقه لكي يحركه للنزول فى الخشب ولكنه بسهولة يخترقه بالشاكوش بقوة متصلة واذا كانت حركته نازلة تساعده قوة الجاذبية وهذا يفعل الشاكوش اذا كانت الضربة نازلة اكثر مما اذا كانت افقية. فيلزم ابعاد الشاكوش وزيادة سرعته ليقوى فعل الضربة اذا كانت افقية. وهكذا يقال فى المهدة.

(٢٧) انتقال الحركة: ان الحركة لا تنتقل الى كل اجزاء الجسم دفعة واحدة بل تدريجا. فاذا اردنا ان ندحرج حجرًا كبيرًا ندفعه اولًا فلا يتزحزح حتى تنتقل حركة الدفع من دقيقة الى اخرى فيه وتمتد الى كل اجزائه فيتحرك ويتدحرج. واذا سقنا حصانا يجر مركبة ثقيلة فالحصان يسحب برهة حتى تتحرك المركبة لان حركة جره لا تمتد الى كل اجزاء العربة الا تدريجا. فاذا وثب بغتة فقد يكسر المركبة لانه لا يصبر على الحركة حتى تمتد الى كل دقائقها فالدقائق التى تحركت تسير معه والتى لم تتحرك تبقى مكانها.

قيل انه اذا فعلت قوة بطرف قضيب من الحديد طوله ميل فطرفه الآخر لا يتحرك الا بعد نصف دقيقة من الزمان. اذا ضربنا لوح زجاج بحجر يتكسر كسرًا واما اذا اطلقنا عليه رصاصة فتثقبه ثقبا مستديرًا على قدرها وتترك الباقى صحيحا. وسبب ذلك ان الرصاصة لعظم قوتها تثقب اللوح وتنفذه قبلما تمتد الحركة الى الدقائق المجاورة واما الحجر فلا ينفذه حتى تكون الحركة قد اتصلت الى بقية دقائقه فيتكسر. وعلى ذلك يمكن ان تثقب الشمعة اللينة الخشب القاسى اذا اطلقت عليه من بندقية لانها تقع عليه بسرعة عظيمة فتنفذه قبلما تنضغط اجزاؤها اللينة وترتد. وبعبارة اخرى ان سرعتها حينئذ اذا ضربت بجاذبية الملاصقة التى بين دقائقها زادت

قوة عن قوة جاذبية الملاصقة التى بين

دقائق الخشب

* * *

الفصل الثاني

في نواميس الحركة

(٣٧) نواميس الحركة[1]. نواميس الحركة ثلاثة الاول اذا تحرك جسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم ما لم تمانعه قوة اخرى. فهذا عين الاستمرار (عد ١١) ويتضح من خطران الرقاص كما يأتي: يُصنع الرقاص حتى يخطر باقل ما يمكن من الاحتكاك ثم يوضع في قابلة من الزجاج فوق مفرغة الهواء. فكلما بولغ في تفريغ الهواء طال زمن خطران الرقاص. قيل انهم اتصلوا في تفريغ الهواء الى ان صار الرقاص يخطر ٢٤ ساعة من نفسه والمظنون انه لو استطاع الانسان ملاشاة كل اضداد الحركة بقي الرقاص يخطر الى الابد. وهذا الظن مبنيٌّ على انه اذا تحرك الجسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم ما لم يمنعه مانع ولكن لما كان الانسان عاجزاً عن ملاشاة اضداد الحركة كان عاجزاً ايضاً عن اثبات الناموس الاول تماماً بالتجربة.

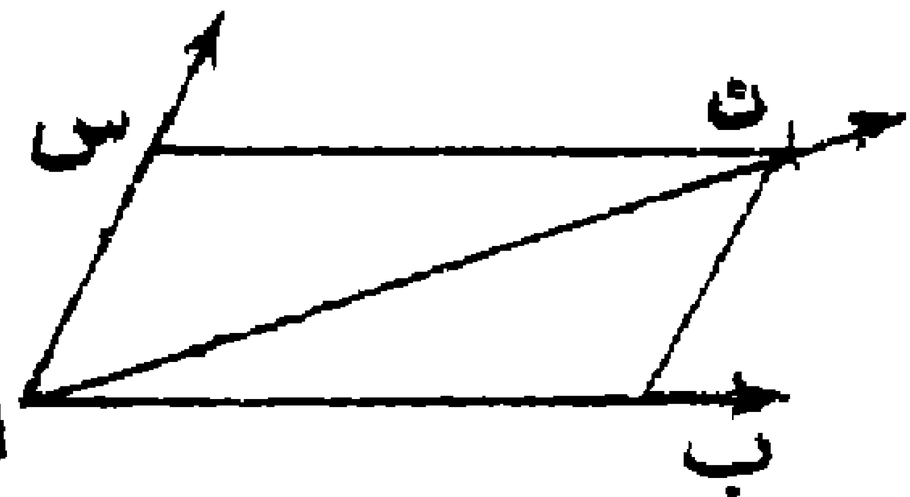
(٣٨) الناموس الثاني. اذا فعلت قوة بجسم ساكن او متحرك عملت عملاً واحداً سواء كانت وحدها او اقترنت بغيرها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية.

كل الاجسام الارضية متحركة على الدوام لان الارض متحركة ولكننا اذا اردنا ان ننقل جسماً من محل الى آخر فنقله لا يكون اعسر مما لو كانت الارض غير متحركة. واذا رمينا غرضاً من الشمال الى الجنوب او بالعكس فانه يصيبه مع انه يكون قد سار كثيراً قبل

---

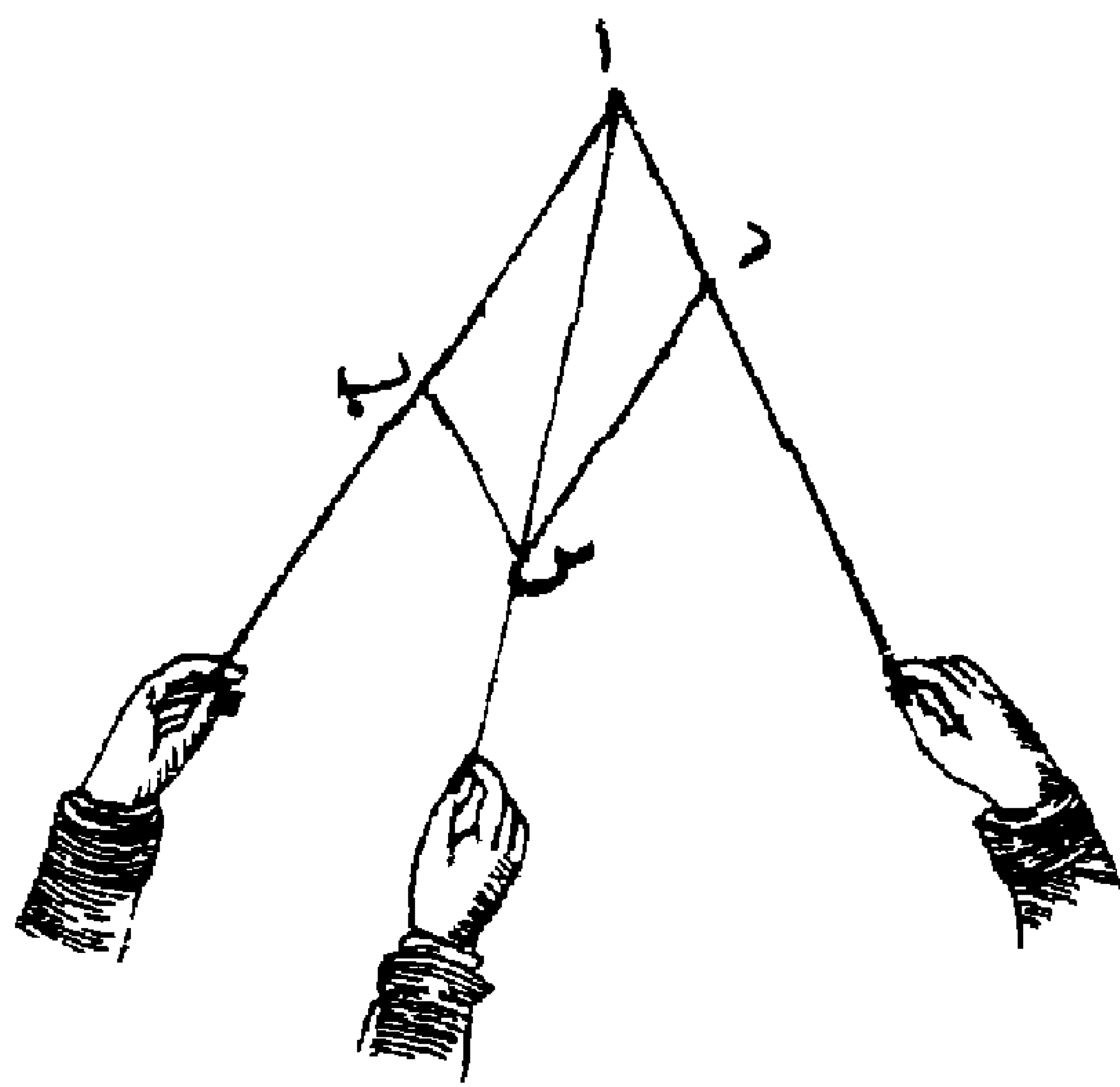
[1] اول من ادمجها الفيلسوف اسحق نيوتن.

وصول الحجر اليه لان الارض تتحرك بالحجر على محورها من المغرب الى الشرق فتكسبه استمرار حركتها العرضى مع حركته يدفعه الى نحوه واذا رمينا حجراً فى الجو بقوة تصعده ٥٠ قدما يسقط خمسين قدما مهما كانت الريح الافقية الهابة حينئذ. واذا اطلقنا قنبلة من مدفع فى جهة افقية سقطت واصابت الارض فى الوقت الذى تصيبها فيه لو سقطت من فم المدفع.



(٧٥) الحركة المركبة. لنفرض انا وضعنا كرة عند ا فى الشكل ٢٦ ثم فعلت بها قوتان كما اذ ضربناها ضربتين فى وقت واحد ضربة تدفعها فى جهة الخط ا ب والاخرى فى جهة ا س فهى لا تطاوع واحدة منهما وحدها بل تسير بينهما فى جهة الخط ا د ويسمى الشكل ا ب د س الشكل المتوازى الاضلاع للقوات ويسمى القطر ا د النتيجة

الشكل ٢٦

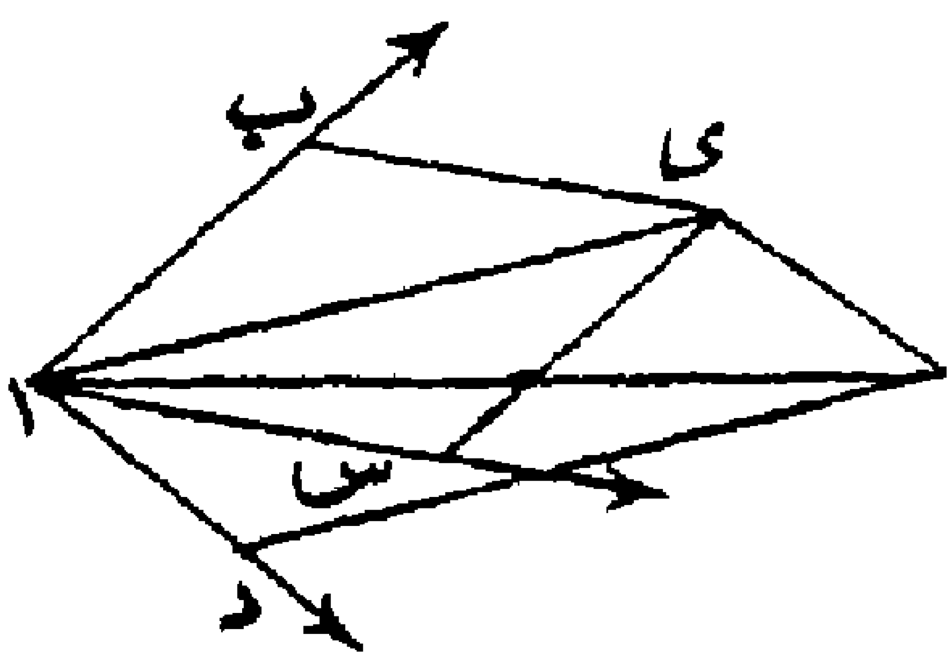


الشكل ٢٧

(٧٦) تركيب القوات. فكلما فعلت قوتان بجسم نرسم خطين

(١) الخطوط المتوازية هى التى اذا رسمت فى سطح مستو لا تلتقى مهما اخرجت كالخطين ا ب ود س والخطين ا د وب س. ولما كان كل خطين متقابلين فى هذا الشكل متوازيين سمى متوازى الاضلاع. وضلعه هو الخط منه كالضلع ا ب او د ب س وقطره الخط من زاوية منه الى التى تقابلها كالخط ا س.

يدلان على جهتيهما (عد ٦٨) ونقطع منهما قطعتين كالقطعة ا د والقطعة ا ب في الشكل ٢٧ متناسبتين في طولهما لسرعتي القوتين. ثم نتمم الشكل المتوازي الاضلاع فنرسم من ب الخط ب س متوازيا للخط ا د ومن د الخط د س موازيا للخط ا ب ونرسم القطر ا س فيدل على نتيجة تينك القوتين وهي الجهة التي يسير الجسم فيها. واذا فعل بالجسم اكثر من قوتين في وقت واحد تستعلم اولا نتيجة قوتين منهما كما تقدم ثم تؤخذ هذه النتيجة وقوة اخرى وتستعلم نتيجتهما وهلم جرا حتى تستعلم نتيجة سائر القوات.

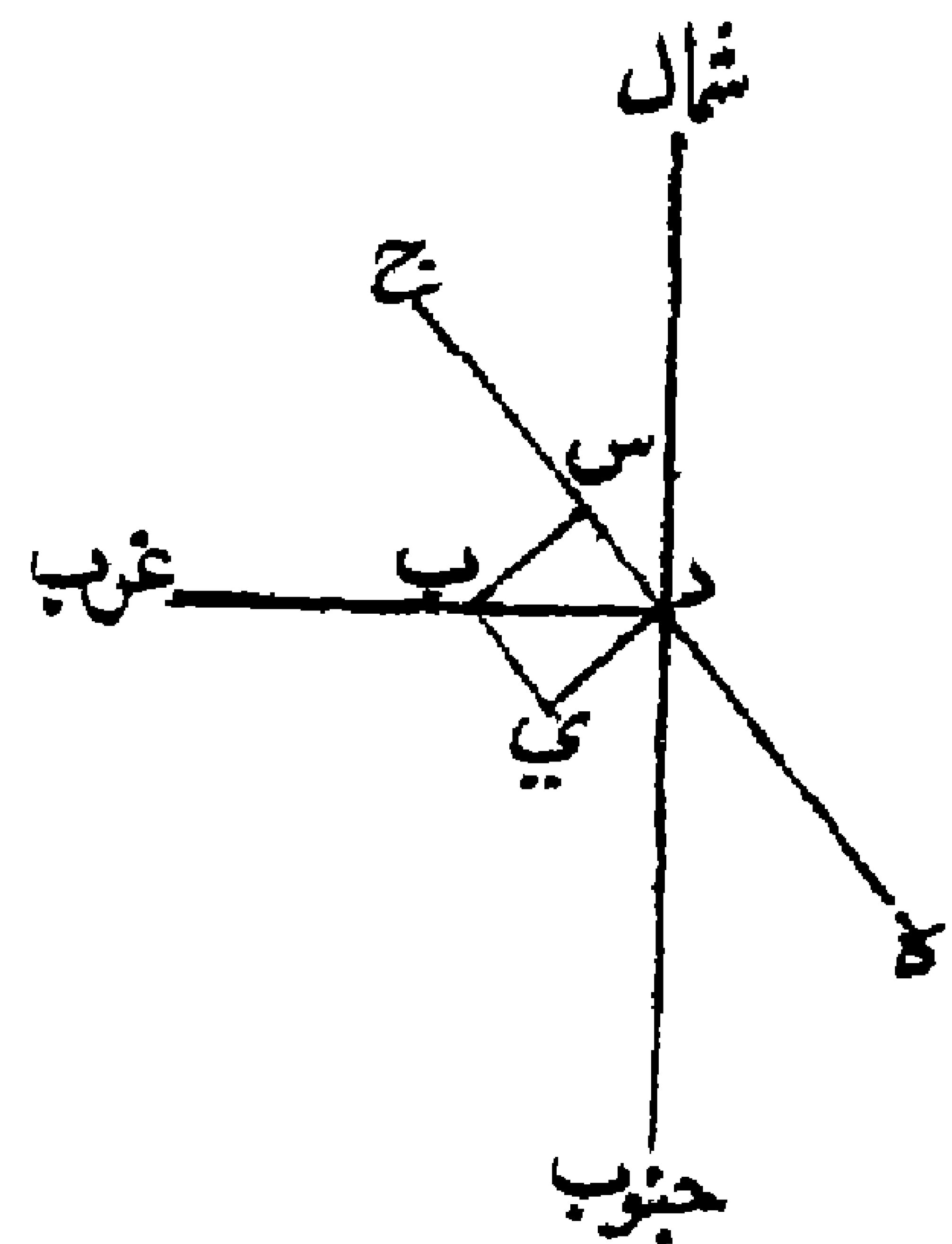


فاذا فعل بجسم عند ا (الشكل ٢٨) ثلاث قوات ا ب وا س وا د يجد الجهة التي يسير فيها الجسم برسم شكل متوازي الاضلاع ا س ى ب واستعلام قطره ا ى فيكون نتيجة القوتين ا ب وا س. ثم نرسم من هذا القطر ومن القوة الثالثة ا د شكلا آخر متوازي الاضلاع ا د ت ى ونستعلم قطره ا ت فهو نتيجة الثلاث اي الجهة التي يسير الجسم فيها بفعل ثلاث قوات اما استعلام كل ذلك فبحساب المثلثات.

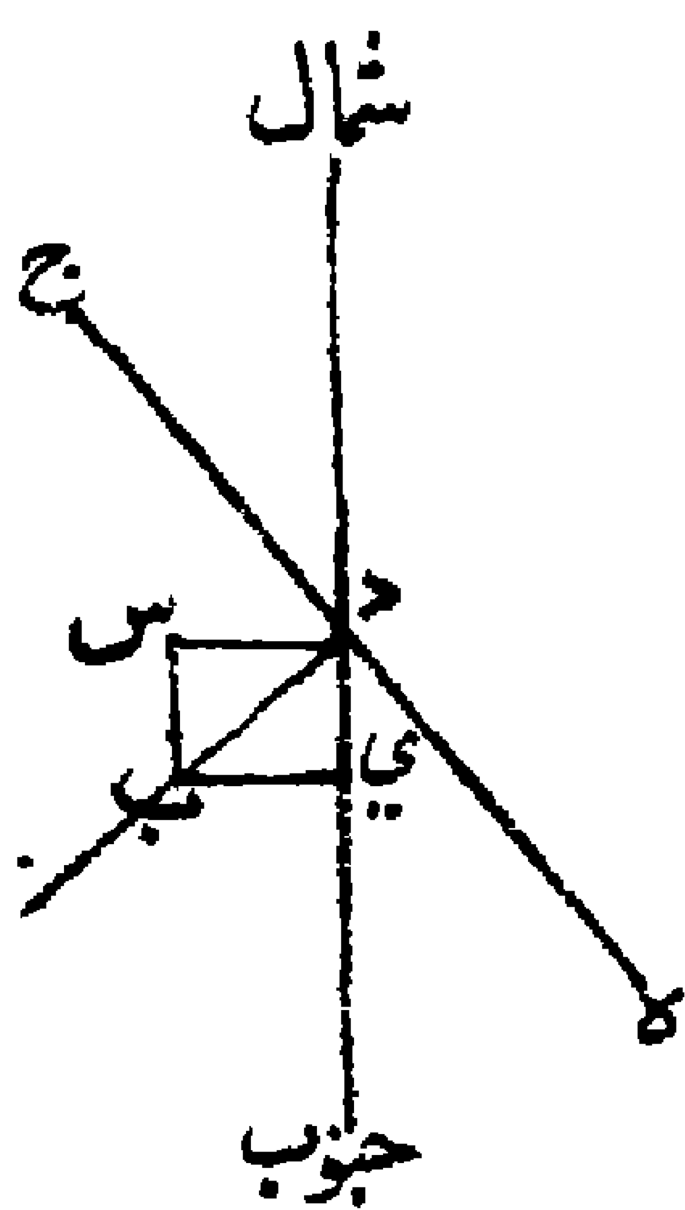
الشكل ٢٨

(٧٧) امثلة تركيب القوات. اذا اراد رجل ان يقطع نهرا في قارب فالنهر بالطبع ياخذه معه في جريه ولذلك يجذب الرجل نحو مكان فوق المطلوب حتى يصل الى المطلوب. واذا كان انسان مسافرا في مركبة سريعة المسير ورمى حجرا على غرض يخطئه اذا لم يرم الحجر الى ما وراء الغرض قليلا. وذلك لان الحجر يكون مشاركا للمركبة في السير فاذا رماه الراكب صار مفعولا به من قوتين قوة تأخذه في جهة المركبة وقوة تأخذه نحو الغرض تماما فيذهب في نتيجتهما ولا يصيب الغرض بل يصيب محلا اماما. وهكذا يقال عمن اراد ان يطلق بارودته وقد سلئت طلق رصاص او خردق وهو في مركبة سائرة. ان الذين يطاردون على الخيل في

ميادين مستديرة قد يقفزون عن ظهورها ويمرّون في حلقات معلقة امامهم ويعودون اليها دون ان يمسوا الارض. وكيفية قفزهم انه اذا قارب الفارس منهم الحلقة وثب عن ظهر جواده الى الاعلى فيكون مفعولاً لقوتين احداهما وثوبه الى الاعلى والاخرى سرعة جواده فيذهب في نتيجتهما ويمر في الحلقة ويرجع راكبًا على متن الجواد. ان الطائر يحرك الهواء بجناحيه فيذهب في الجهة التي بينهما والسابح يحرك الماء بيديه ورجليه فيذهب في الجهة التي بينهما ايضا.



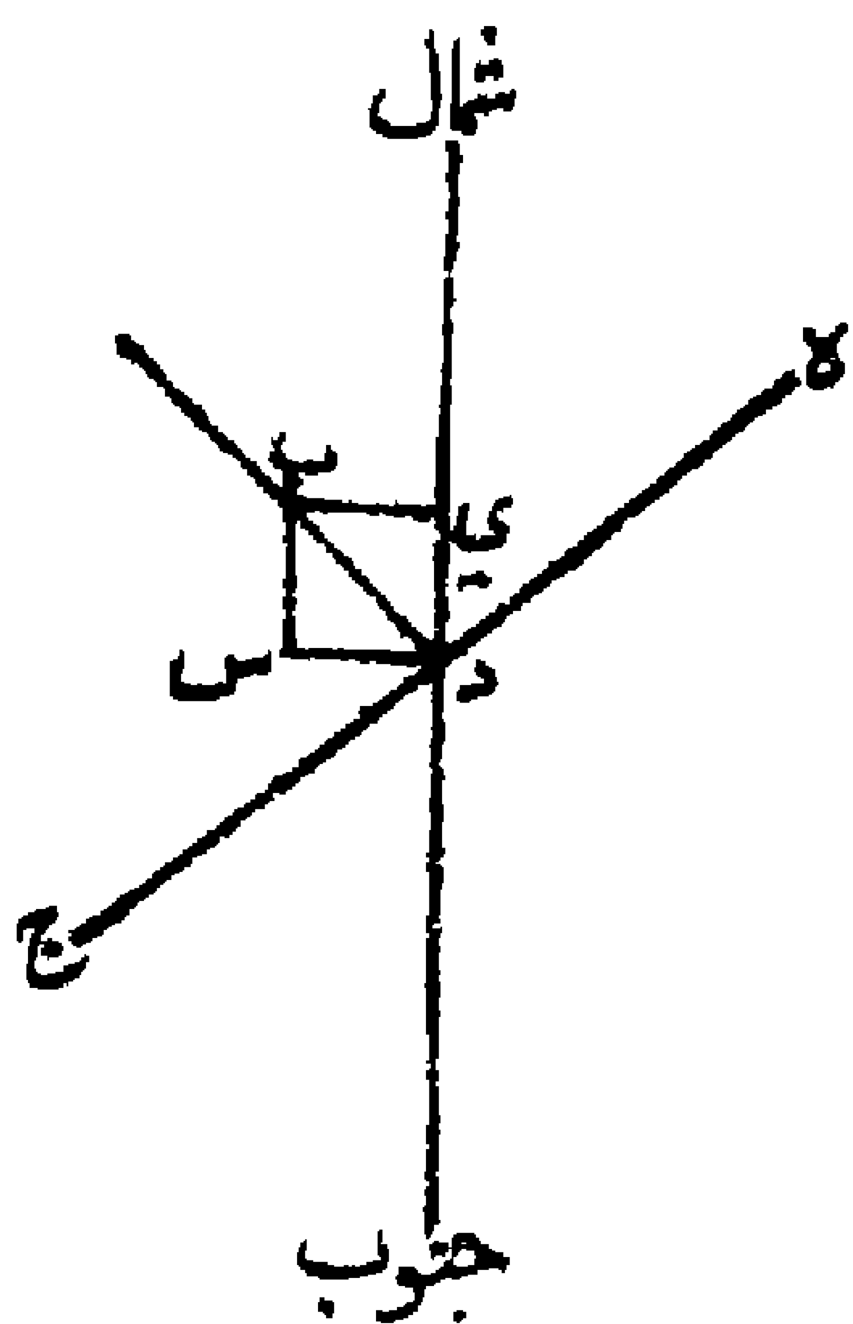
الشكل ٢٩



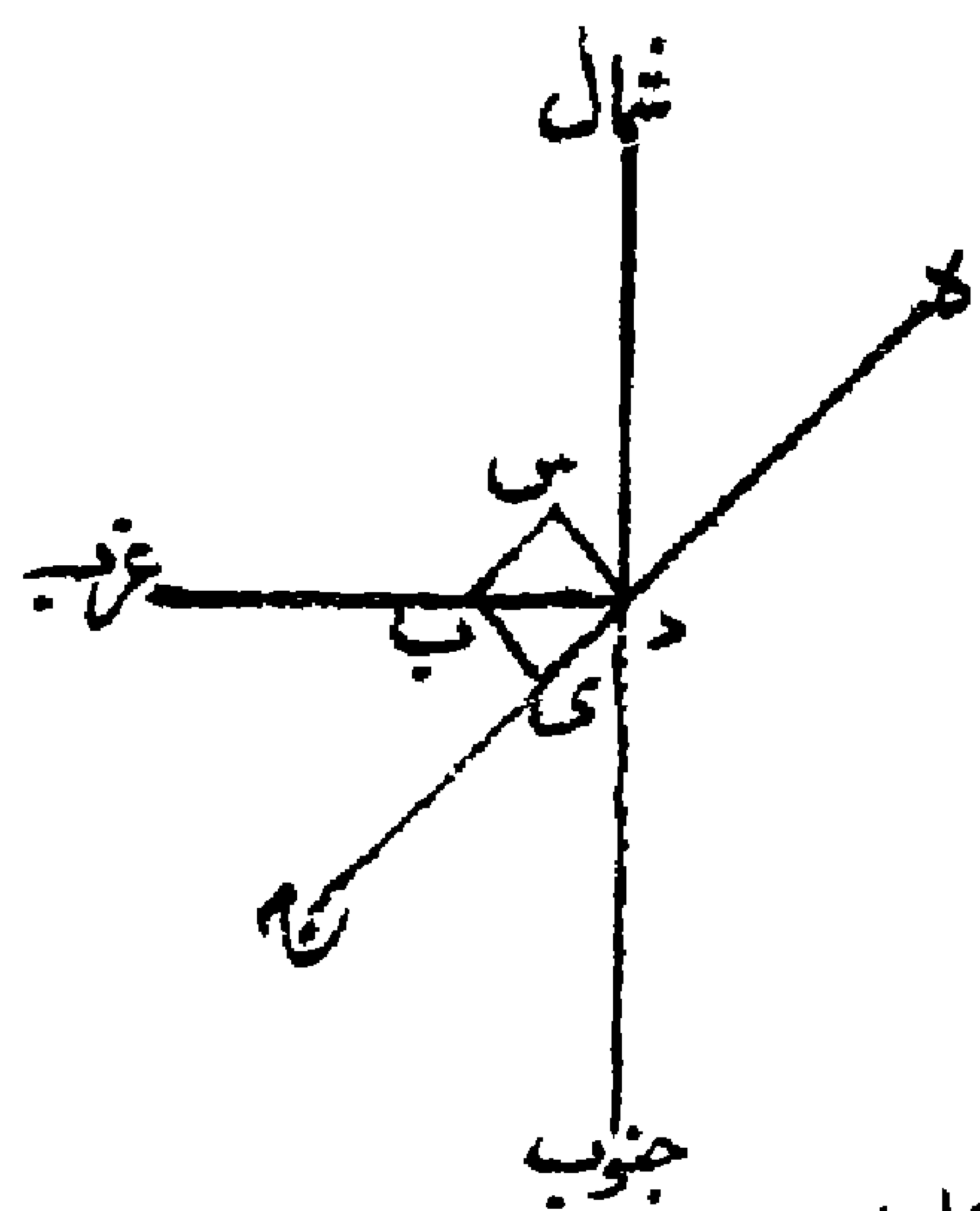
الشكل ٣٠

(٧٨) حلّ القوات. حل القوات عكس تركيبها وهو معرفة القوتين على فرض معرفة النتيجة. وذلك يكون باخذ تلك النتيجة وجعلها قطرًا لشكل متوازي الاضلاع. مثاله: اذا فرض الخط ج ه في الشكل ٢٩ قلع قارب مسافر الى الشمال بريح غربية. فحل قوة الريح المدلول عليها بالخط ب د الى قوتين ب ي و ب س. فالقوة ب ي توازي القلع كما ترى ولذلك لا تؤثر فيه واما القوة ب س فعمودية عليه ولذلك يقتضي ان تدفعه نحو الشمال الشرقي. ثم ليدل ب د في الشكل ٣٠ على القوة ب س المار ذكرها. حلها الى القوتين ب ي و ب س فالقوة ب ي تدفعه في جهتها ولكن شكل جرم القارب

والدفة يضادانها فيبطلان فعلها واما القوة ب س فتوازى الجهة التى يسير القارب فيها فتسوقه امامها الى الشمال. ولذلك ترى الملاحين يديرون القلوع فى رجوعهم عما تكون فى ذهابهم او يقلعون شمالا وغيرهم يقلع جنوبا بريح واحدة.



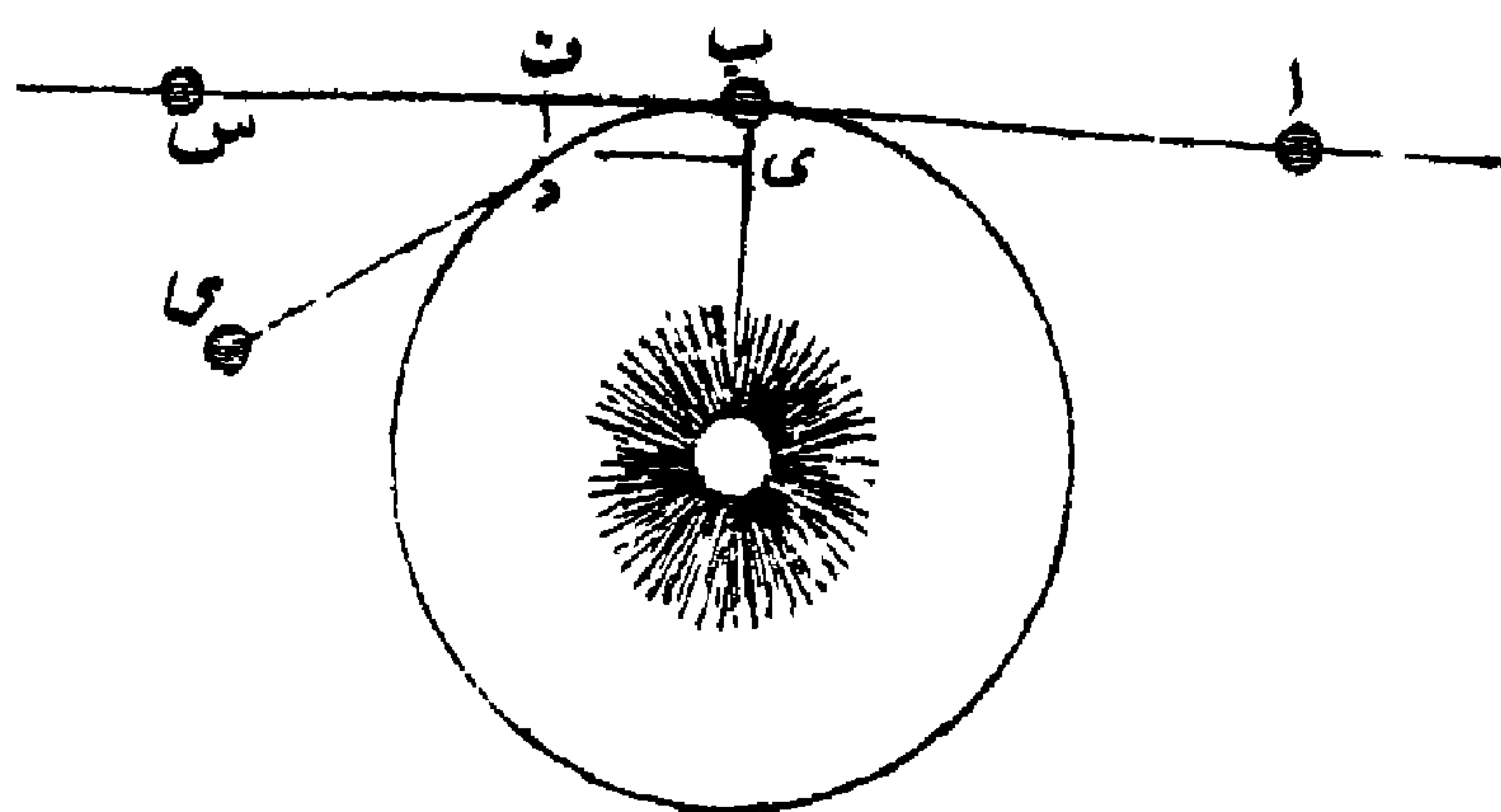
الشكل ٣٢



الشكل ٣١

ثم اذا فرض ان وضع القلع كان فى جهة هج فى الشكل ٣١ و ٣٢ وان الريح لم تزل غربية فيحل قوتها قوتين تستخرج قوة تسوق القارب الى الجنوب وهى ب د فى الشكل ٣٢. وقد ضربنا صفحًا عن تفصيل ذلك هنا ليكون للتلميذ مندوحة لتفصيل على ما تقدم. واذا كانت الريح شرقية المهب وطلب القارب ان يسير غربا اى ضدها يسافر تارة الى الشمال الغربى وطورا الى الجنوب الغربى فيذهب فى وجه الريح.

وعلى قاعدة حل القوات تحل القوات الثلاث التى تطير بها الطيارة وهى ثقلها وشد خيطها وقوة الريح عليها فاذا فرض ج ه فى الشكل ٢٩ وجه الطيارة يكون ب د قوة الريح تنحل الى ب س و ب ى. اما ب ى فلا تؤثر فى الطيارة واما ب س التى هى ب د فى الشكل ٣٠ فتنحل الى قوتين ب ى و ب س ر الشكل ٣٠، فالقوة ب س تغلب ثقل الطيارة وتطلب ان ترفعها والخيط يسحبها فى جهة ب د اى فى جهة



الشكل ٣٣

عمودية على وجهها فيكون الفاعل بها حينئذ قوة الريح وشد الخيط فلا تطاوع واحداً منهما وحده بل تطير بين الجهتين فى جهة ج د

(٧٩) الحركة الدائرية * هى نوع من الحركة المركبة وتحصل من فعل قوتين احداهما تجذب الجسم نحو نقطة معينة والاخرى تباعده عنها . وتعرف القوة الاولى بقوة الجذب الى المركز والثانية بقوة التباعد عن المركز وهما تظهران جليا فى حركات الاجرام السماوية كما ترى: افرض ش الشمس (الشكل ٣٣) وب الارض قبالتها . فعلى فرض ان البارى تعالى دفع الارض لما خلقها فانها تتحرك الى الابد فى خط مستقيم كالخط ب س حسب الناموس الاول من نواميس الحركة . ولكن جاذبية الشمس تقاوم تلك الحركة فلا تأذن للارض فى الافلات منها فتقع الارض تحت فعل قوتين احداهما قوة دفع البارى لها كما فرضنا فتذهب بها وحدها الى س ومن ثم الى ما شاء الله . والاخرى جاذبية الشمس لها التى تجذبها من مكانها الى الشمس اى من ب الى جهة ش وهى القوة الجاذبية نحو المركز فتذهب الارض بينهما اى فى جهة ب د . اما حركة الارض بالقوة المعبر عنها بخط ب د فمركبة من قوتين ب ت ود ت ولكن ب ت لا تضاد جاذبية الشمس لكونها عمودية عليها

فضادتها لجاذبية الشمس يعبر عنها بخط دن اوى ب . وهذه لابدان تساوى قوة جاذبية الشمس لها وتسمى القوة الاولى بقوة التباعد عن المركز والاخرى بقوة الجذب الى المركز وخط ب ى يدل على كلتيهما . وسيرها يكون فى خط منحن لان جاذبية الشمس قوة دائمة الفعل تحنيها عن خط مستقيم فى كل لحيظة حتى تتم الدائرة فلو بطلت قوة التباعد عن المركز لكانت القوة الجاذبية اليه اى جاذبية الشمس تجذب الارض اليها ولو بطلت قوة الجاذبية الى المركز لفرت الارض بقوة التباعد عنه وتاهت فى فضاء هذا الكون .

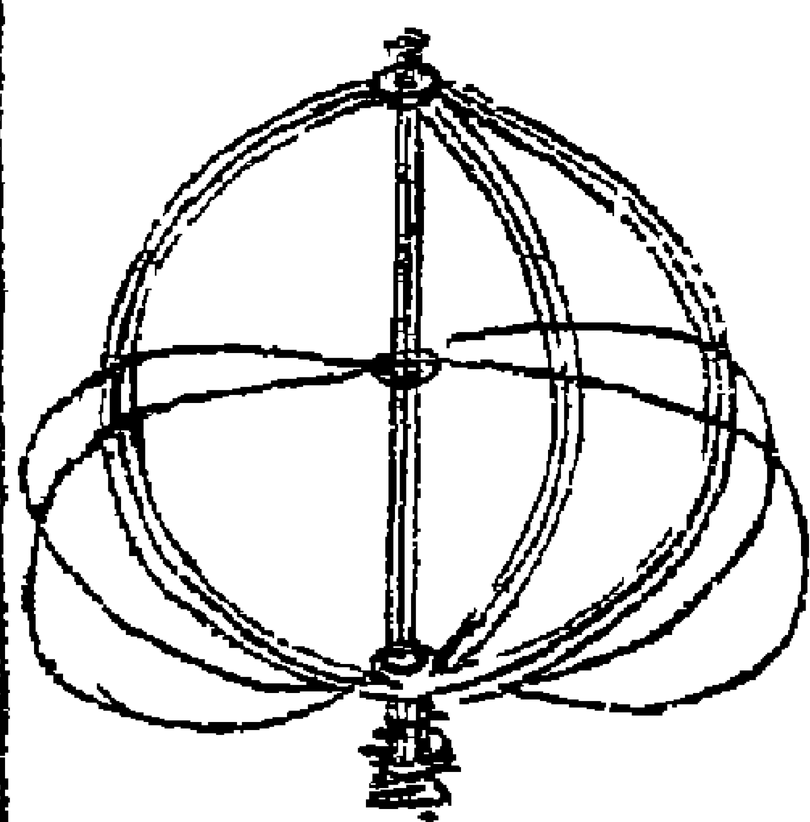
وامثلة ذلك كثيرة المشاهدة . فاذا دحرج الرحى بسرعة شديدة تطاير الماء عن جوانبه لان القوة الدافعة للماء تغلب على جاذبية الالتصاق التى بينه وبين الحجر فتبعده عنه . وقد تدار هذه الاحجار بسرعة عظيمة جدا فى بعض الاماكن حتى تتغلب القوة الدافعة على جاذبية الملاصقة التى بين دقائقها فتنفرق متطايرة اربارًا واذا ربط دلو ملاء ان ماء بحبل وادير بسرعة لم يسقط الماء منه مع انه ينقلب بدورانه الى فوق (الشكل ٣٥) حتى لا يبقى مانع من انصباب الماء منه بجاذبية الارض وذلك لان القوة الدافعة عن المركز تتغلب على جاذبية الارض للماء فلا ينصب من الدلو . واما اذا ابطأ دوران الدلو فضعفت القوة الدافعة انصب الماء حالا . واذا ربطت اسفنجة بخيط ثم بلت بماء وادبرت بسرعة فالماء يتطاير منها الى كل الجهات لان القوة الدافعة تزداد حتى تتغلب على جاذبية الالتصاق التى بين الاسفنجة والماء . وعلى هذا الاسلوب يجفف الافرنج الثياب المغسولة بوضعها فى آلات واد ارتها بسرعة فيعصر الماء



الشكل ٣٢

منها بالقوة الدافعة - وقيل انه اذا اديرت الثياب الحنفية الفاً وخمس مائة دورة فی الدقيقة ونُشرت فی الشمس بضع دقائق تجفّ مهما كانت مبتلّة ﴿ اذا ركض الحصان بسرعة فی دائرة انحنى الى داخل الدائرة ليقاوم القوة الدافعة عن المركز.

(٨٠) اهليلجيّة الارض ﴿ قد تبيّن (عدد ٧٩) انه حيثما وجد جسم يدور فلا بد من وجود القوة الدافعة عن المركز هناك وانه بقدر ما يسرع فی دورانه يزيد فعلها. ولما كانت الارض سريعة الدوران جدّاً فالقوة الدافعة عنها عظيمة جدّاً ايضاً. ولولا جاذبيّة الثقل التی تضادها فتجذب كل ما على الارض نحو مركزها لفرّ الكل عنها الى جوف هذا الكون الواسع ﴿ ثم ان القوة الدافعة تزيد فی النواحی الاستوائية عما هی فی النواحی القطبية لسبب سرعة الاجزاء الاستوائية وبطوء الاجزاء القطبية فی دورة الارض اليومية. فبهذه الزيادة تخف الاجسام على خط الاستواء $\frac{1}{289}$ من وزنها على القطبين. وبها طرد الماء من النواحی القطبية الى النواحی الاستوائية. وكبرت الارض وانتفخت من النواحی الاستوائية وتسطحت من ناحيتی القطبين فصارت اهليلجية الشكل كالبرتقالة المنتفخة من وسطها والمنضغطة من مغرز عرقها وما يقابله[1] فلو ابطأت الارض فی دورانها لعاد الماء الى النواحی القطبية وجعل كروية الارض اتمّ مما هی عليه الآن ﴿ ويتضح تسطح الارض بقوة التباعد عن المركز من التجربة الآتية



الشكل ٣٥

ترى فی الشكل ٣٥ صورة سيرين معدنيّين مرنين مصنوعين على شكل اطارين متصلين ومثقوبين بحيث يدخل ثقباهما فی المحور وينزلان ويصعدان فيه. فاذا ادير المحور

(١) الى المظنون ان الارض كانت قديماً ذائبة مائعة وانها بسبب دورانها على محورها

فدار الاطاران ينزلان وكلما ازدادت سرعة الدوران تسطحا من ناحيتى التقبين واتسعا من وسطيهما كما فى الشكل المار وسبب ذلك قوة التباعد عن المركز كما هو ظاهر۔

(٨) الناموس الثالث :- ان الفعل يساوى الانفعال ويعاكسه يراد بالفعل تاثير الشئ فى شئ آخر وبالانفعال اورد الفعل رجوع ذلك التاثير وهما متعاكسان ومتساويان كما يتضح من الامثلة الآتية

ان الطائر اذا طار ضرب الهواء بجناحيه الى الاسفل فيرد الهواء له مثل ذلك فيحمله . ففعل الطائر هو ضغطة الهواء الى اسفل ورد فعل الهواء هو رده ذلك الضغطة الى جناحى الطائر ورفعه اياه الى الاعلى . وكذلك الملاح اذا اراد تسيير قاربه فانه يضرب الشاطئ بمجدافه فيرد له الشاطئ فعله ويدفع قاربه فى الماء والسابح يضرب الماء برجليه فيرد له الماء فعله ويدفعه الى الامام . واذا اريد اطلاق الرصاصة من البارودة يشعل البارود فيكبر حجمه ويدفع الرصاصة الى جهة والبارودة الى جهة اخرى بزخم واحد . واما الرصاصة فتكون سرعتها اعظم من سرعة البارودة وتاثيرها اشد لانها اخف من البارودة فيؤثر فعل البارود فيها اكثر مما يؤثر رد فعله فى البارودة ولذلك يخشى الخطر من اطلاق القذارات او الطبنجات لانها تكون خفيفة فتندفع برد الفعل اندفاعا شديدا وتلطم من لطفها وربما آذته . وكلما ثقلت الاسلحة قل خطر لطمتها . واذا قفز رجل من القارب فالقارب يبعد عن الشاطئ برد الفعل اذا لم يحتبس الرجل لمنع ذلك . واذا قفز عن الارض دفعها عنه برجليه فترد له الفعل وتدفعه عنها . فهو يبعد الارض والارض تبعده بزخم واحد ولكن سرعته فى الابتعاد عنها اعظم من سرعتها فى الابتعاد عنه بقدر ما هو اخف منها . ولما كان اخف منها كثيرا جدا كانت

(بقیہ ٦٧ حاشیہ)

انتفخت من وسطها وتسطحت من قطبيها فصار شكلها اهليلجيا . وقد قيس قطرها من قطب الى قطب ومن نقطة فى خط الاستواء الى اخرى تقابلها فكان الاول اقصر من الثانى بستة وعشرين ميلا .

ابتعادها عنه قليلا جدًّا فلا يظهر الا ابتعاده عنها. واذا اراد ان يقفز عن ارض لينة لم يقدر لانها تلين تحت رجليه فلا ترد فعله واما اذا قفز عن لوح على زنبرك فيقفز كثيرا لانه يرد له الفعل حالًا. والناس يمشون على الارض برد الفعل منها اليهم فكل خطوة يخطوها الانسان يهزبها الارض.

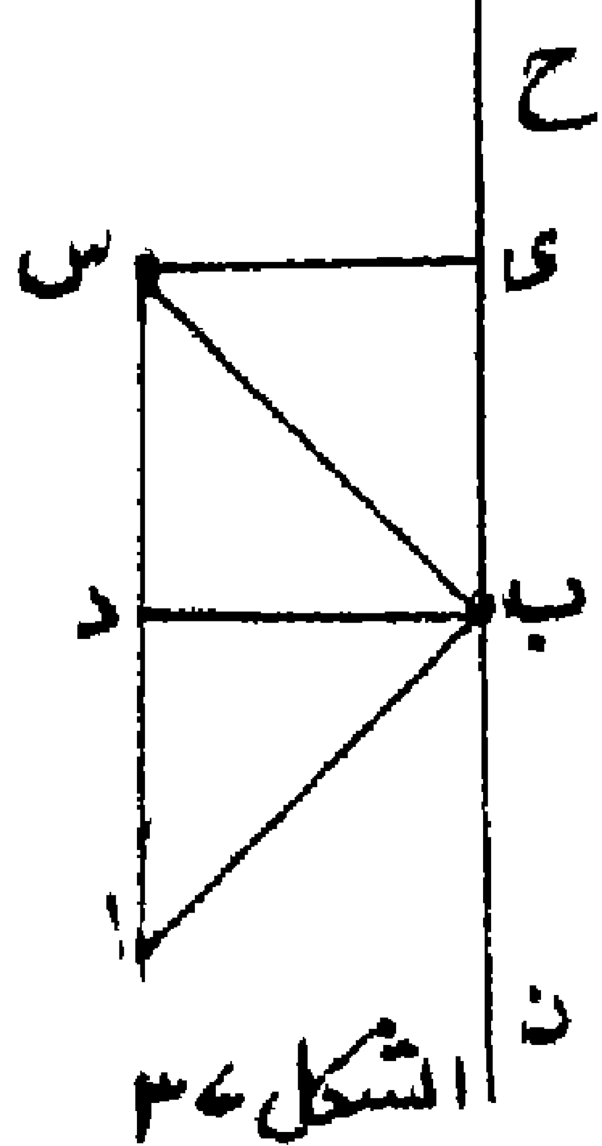


الشكل ٣٦

(٨٢) ويتضح الانفعال من الكرات فى الشكل ٣٦. فهذه الكرات مصنوعة من العاج بحجم واحد ومعلّق بعضها بجانب بعض بحيث يسهل عليها الخطران فاذا رفعت الكرة د ثم تُركت تصدم الكرة ب فهذه تسكنها برد الفعل اليها وتوصل الحركة التى اكتسبتها منها الى س وهذه الى ر وهلمّ جرا حتى تتصل الحركة بالفعل وردّ الفعل الى ف فترتد ف الفعل وتسكن التى قبلها وتبعد هى عنها بقدر ما ابعدت د عن ب اوّلا الا ما خسرته بالاحتكاك. واذا رفع الكرتان د و ب معًا ثم تركتا حتى تصدما س تسكنان وترتفع كرتان ايضا من الجانب الآخر واذا رفع كرتان من الجانب الواحد وكرة من جانب الآخر فعند المصادمة تتحرك كرتان على الجانب الواحد وكرة على الآخر بعكس ما كان قبل المصادمة وذلك لان الكرتين عند نزولهما ترسلان قوة او زخم كرتين الى الطرف الآخر واما الكرة الواحدة فى الطرف الآخر فعند نزولها ترسل زخم كرة واحدة الى الطرف الاول فترتفع كرة واحدة فى الطرف الاول واثنتان فى الطرف الثانى. فمن التجارب على هذه الآلة نحقق ناموسين من النواميس الطبيعية للاجسام اولهما ان القوة تفعل فى جسم بمرورها فى كل دقائق الجسم واجزائه كما رأيت فى هذه الاجسام المتماسة والآمر

ظاهر انه لافرق بين ان تكون مماسة او ملتصقة جسما واحدًا وثانيهما ان القوة تفعل بمقدارها اى اذا ازدادت يزداد فعلها وبالعكس، ثم لو فرضنا اننا عوضنا كرة بدل التى على الطرف الايسر ثقلها مضاعف ثقلها ودفعنا الكرة على الطرف الايمن المساوية للتى كانت قبلا وتركناها لتصدم صف الكرات للاحظنا ان الكرة الاخيرة المضاعفة الثقل تتنصف سرعتها ومن ذلك نتحقق ايضا ان السرعة تقل كازدياد المادة اذا بقيت القوة على حالها كما اشرنا الى ذلك عند الكلام على التأثير.

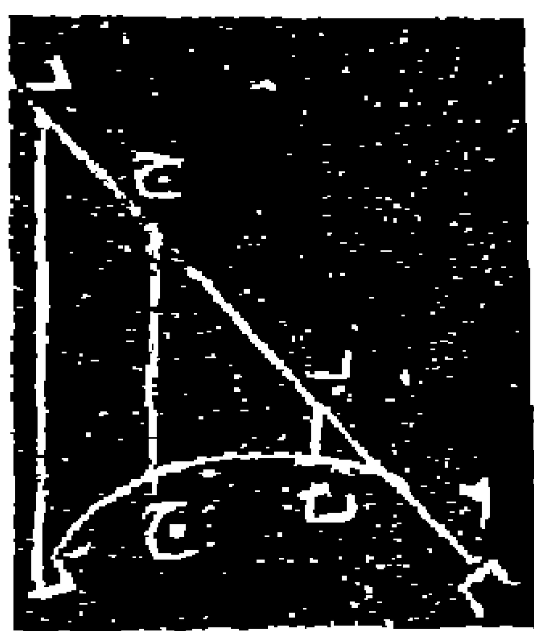
(٨٣) الحركة المنعكسة :- هى الحركة التى يحدثها ردّ الفعل من سطح اذا صادمه جسم مرن. فاذا فرض ن ب ى ح فى الشكل ٣٧ حائطا قد صادمه جسم مرن آتيا فى جهة ا ب انعكس ذلك الجسم راجعا فى جهة ب س. فاذا رسم على ب خط عمودى كالخط ب د فهذا يقسم الزاوية ا ب س التى تحدث من وقوع الجسم وانعكاسه الى زاويتين متساويتين احداهما ا ب د وتسمى زاوية الوقوع والاخرى د ب س وتسمى زاوية الانعكاس. ومن ذلك هذا الناموس وهو ان زاوية الوقوع تساوى زاوية الانعكاس فى الاجسام التامة المرونة.



الشكل ٣٧

(٨٤) الحركة المنحنية :- اذا فعلت بجسم قوتان منقطعتان او اكثر فنتيجتهما خط مستقيم واما اذا كانت احداهما منقطعة والاخرى متصلة فنتيجتهما خط منحن. كما يشاهد فى الحجر اذا رمى فانه يسير بقوتين احداهما منقطعة وهى التى رمته بها اليد والاخرى متصلة وهى جاذبية الثقل ولذلك ينزل فى خط منحن ما لم يرم فى خط سمتى فانه ينزل فى خط مستقيم.

وكذلك اذا اطلقت قنبلة من المدفع ا الشكل ٣٨) حتى تصل فى ثلاث ثوان الى دفان جاذبية الارض تجذبها فى آخر الثانية الاولى الى ب وفى آخر الثانية الى ج وفى آخر الثالثة الى د فتذهب فى الخط المنحنى ا ب ج د وليس فى الخط المستقيم ا ب ج د .



الشكل ٣٨

(٨٥) الحركة الدائمة. لا يمكن الانسان ان يصطنع آلة دائمة الحركة لانه لا يمكنه ان يصطنع آلة تحدث القوة من ذاتها كما يحدث الانسان القوة من ذاته. فلا تقدر آلة ان تعمل عملا ما لم تفعل بها اولا قوة خارجة عنها. وعدا ذلك لا تخلو آلة من الاحتكاك الذى من شانه ابطال الحركة (عد ٦٧) فلهذين الامرين لا يقدر الانسان ان يصنع آلة دائمة الحركة كما خلقه البارى تعالى دائم الحركة. وقد حاول كثيرون عمل آلات دائمة الحركة طمعا بنفعها فخابت مساعيهم.

(٨٦) مسائل للتمرين: (١) اذا رميت رصاصة على وجه لوح واقف على جنبه ترميه واما اذا اطلقت عليه من بارودة فتثقبه بدون ان تزحزحه فما سبب ذلك. (٢) اذا فتح الباب بعض الفتح واطلقت عليه قنبلة مدفع ثقل تنفذه بدون ان تقفله فما سبب ذلك. (٣) لماذا ينزل حديد القدوم فى عصاه اذا دققت طرف العصا. (٤) اذا كنت فى قطار (قابور الحديد) سيره سرعته ٣٠ ميلا فى الساعة ووقف بك بغتة فبكم من القوة تقذف عندئذ الى الامام. (٥) اذا رميت كرة عن راس برج عال وقعت شرقى الخط العمودى قليلا فما سبب ذلك. (٦) سقط حجر عن رأس السارية والسفينة مسافرة ففى اى خط يقع. (٧) ادعى صاحب كاركة على صاحب مركبة بانه عطل كارته بمصادمة عربته لها وملخص دعواه ان سائق المركبة كان يحث السوق جدا فلما

اصطدمت مركبته بكارثة سقط صاحب المركبة الى الامام على موطئ قدميه . فلم تقم دعواه عند الفحص اذ تبين من تقريره انه هو الذي كان يحث السوق لا صاحب المركبة فكيف تبين ذلك . (٨) وضع مدفع في آخر قطار مسافر بسرعة ٣٠ ميلا في الساعة وحكم على موازاة طريق القطار والى الجهة المعاكسة لجهة سيره فاذا أُطلقت منه قنبلة بسرعة مسير القطار فاين تقع . الجواب . حيث أُطلق المدفع تماما . وذلك لانها اكتسبت سرعة استمرار القطار المساوية لسرعتها تماما ضد جهة سرعتها فلاشتها حتى صارت صفرا . (٩) شرح انسان يقفز وهو على ظهر سفينة سريعة الجري ان تكون قفزته اكبر اذا قفز في جهة جري السفينة او في عكس تلك الجهة . (١٠) لماذا تكون قفزة الراكض اكبر من قفزة الواقف . (١١) اذا سقط حجر عن رأس السارية والسفينة متحركة فهل يسقط في المكان الذي يسقط فيه لو كانت السفينة ساكنة (١٢) اذا لعب جماعة بالطابة على ظهر سفينة تقطع ٢٠ ميلا في الساعة فهل يلعبون بها كما يلعبون على سطح الارض من حيث رميها وتلقفها . (١٣) قلنا ان الفعل يساوي الانفعال فلماذا لا يخشى خطر لطمة البارودة كما يخشى خطر الرصاصة (١٤) اذا اردت ان تقفز من مركبة جارية بسرعة فهل تقفز الى نفس البقعة التي تريد النزول اليها . (١٥) اذا اردنا ان نقوس عصفورا طائرا فهل نضبط البارودة عليه تماما . (١٦) اين تكون القوة الدافعة عن المركز على اقلها على سطح الارض (١٧) ما هو الدليل على ان الارض كانت قديما ذائبة . (١٨) ان السكك الحديدية يكون جانب منها اعلى من الجانب الآخر حيث تنعطف من ناحية الى اخرى فما الغرض من ذلك . (١٩) على اي مبدأ يرمي الحجر بالمقلاع . (٢٠) لماذا انتثار الاوحال عن دواليب المركبات وهي جارية . (٢١) ان نهر مسيسبي يقرب الى مركز الارض ٢½ ميل اكثر من مصبه فمصبه ارفع من نبعه بميلين وثلث ميل وكان ماءه يجري صاعدا لا نازلا خلافا لناموس جاذبية الثقل فما سبب هذا الخلاف . الجواب لانه مرتفع عن مصبه باعتبار سطح الارض لا باعتبار مركزها . (٢٢) هل تنقص البيضة

بالفعل او بالانفعال عند صدمها الحجر (٢٣) سقط رجل من محل عال فقال ان علو السقطة لم يضرني بل سرعة السكون هي التي اضرتني فهل قوله صحيح (٢٤) اذا نطح ولد ولداً آخر فايهما يتالم اكثر من الآخر واذا صدم شخص شخصاً آخر فايهما يكون تأثره بالصدمة اشد (٢٥) وهل تختلف شدة الصدمة اذا اصطدم الشخصان وهما راكضان في جهتين متقابلتين (٢٦) لماذا لا يمكن ان تطلق رصاصة حول جبل (٢٧) لماذا تكون لطمة البارودة اضعف من لطمة الفرد (٢٨) سحب رجل قارباً صغيراً وهو على ظهر سفينة كبيرة فكم تقدمت السفينة لملاقاة القارب (٢٩) ربط خيط باحد طرفيه فحمل ٢٠ رطلاً علقت بطرفه الآخر فاذا حلت الارطال عنه امسك رجلان بطرفيه فكم يشد كل منهما حتى ينقطع الخيط (٣٠) اذا وقف الانسان على اصابعه في الميزان فهل يخف ثقله عما اذا وقف على رجليه (٣١) اذا اوبر فم مدفع الى سمت الراس واطلقت منه قنبلة والهواء هادئ فاين تنزل القنبلة (٣٢) صدمت باخرة مجموعها اربعة آلاف قنطار وسرعتها ١١ اقدام في الثانية صخراً تحت الماء فباي زخم صدمته



الباب الرابع

في مبادئ الميكانيكيات

تمهيد

(٨٧) الميكانيكيات :: فن يبحث فيه عن الآلات. والآلة كل ما ينقل تاثير القوة من عامل الى معمول به، وتسمى القوة التي تحرك الآلة محركا. فاذا اقصصت تفاحة بسكين مثلا فقوة يدك التي تحرك السكين هي المحرك والسكين التي تنقل عمل يدك الى التفاحة هي الآلة واذا اجرحصان مركبة فالحصان هو المحرك والمركبة التي تستخدمها قوة الحصان لنقل الاثقال هي الآلة :: واذا ادارت الريح مطحنة او ادار الماء دولابا او سير البخار سفينة فالريح والماء والبخار محركات والمطحنة والدولاب والسفينة آلات .

فاتضح مما تقدم ان الآلة لا تقضي عملا من الاعمال الا اذا اعملت بها قوة خارجة عنها لان الآلة لا تقدر ان تحدث قوة من نفسها ولا ان تزيد قوة على القوة المحركة لها. ومع ذلك فلا يستغنى عنها لانه بواسطتها تستخدم القوة بحيث تفعل ما لا تستطيع فعله بدونها. الا ترى ان الفاعل يقلب بالعتلة (المخل) صخورًا لا يكاد يزحزحها بدونها مع ان قوته هي هي في كلا الحالين. هذا فضلا عن اننا نستعين بالآلات على استخدام القوات الطبيعية كالريح والماء والبخار الخ وتقسم الآلات الى قسمين بسيطة ومركبة فالبسيطة ستة وهي العتلة وتعرف بالمخل والدولاب والسطح المائل واللولب ويعرف بالبرغي ايضا والسفين والبكرة . والمركبة تشمل اكثر الآلات وهي ما

تركب من البسيطة. وكل الآلات ترد الى اثنتين المخل والسطح المائل.

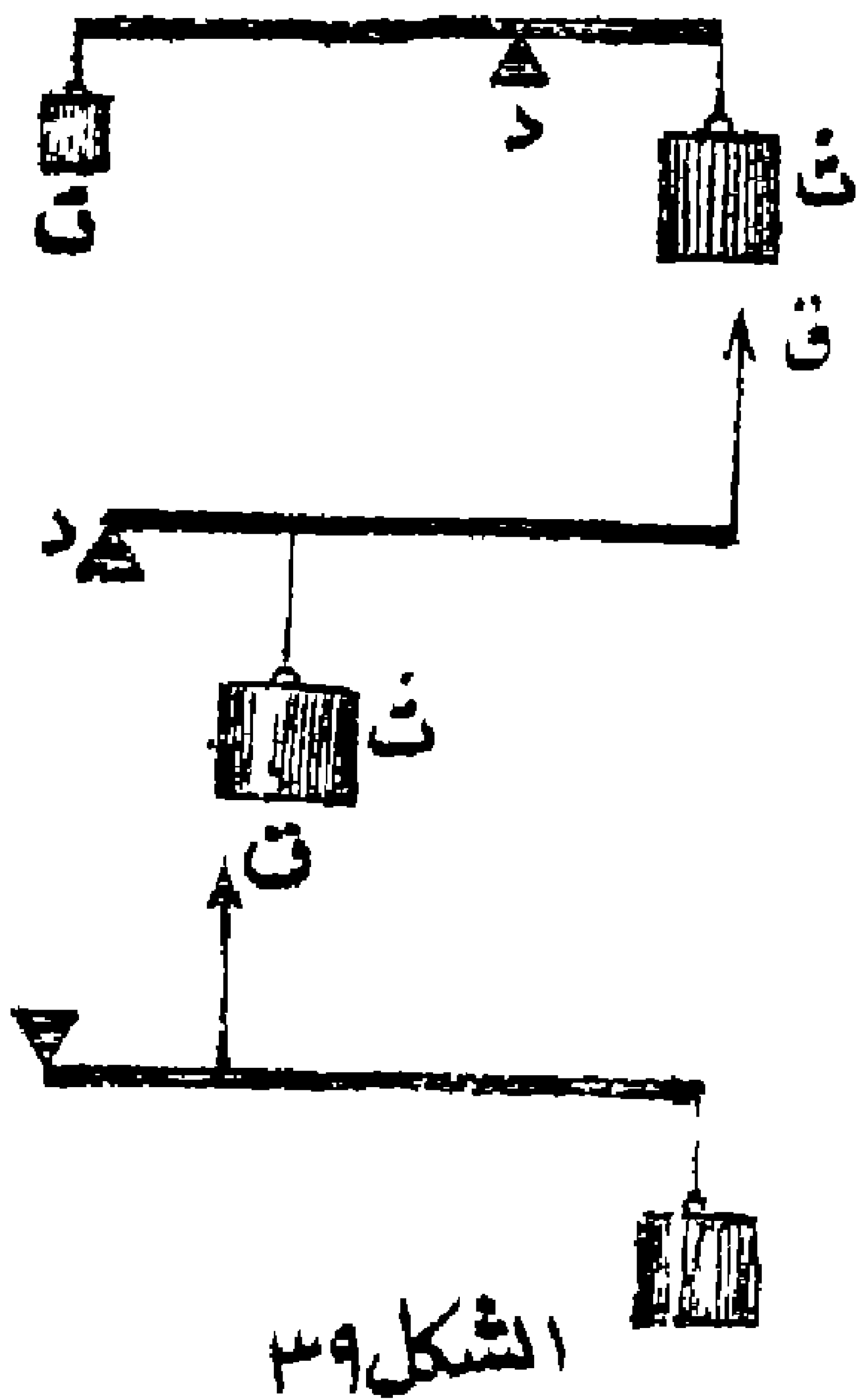
واعلم انه يعتبر فى عمل كل آلة بسيطة امران القوة التى تحركها والثقل الذى يرتفع بها. ولابدّ لرفع الثقل من ان تفعل القوة بقدر ما يفعل الثقل ولذلك اذا رفع الانسان بالبكرة ثقلا عظيما بقوة قليلة اقتضى له وقت اطول مما كان يقتضى لو رفعه بقوة عظيمة لان ما يربحه بالبكرة من جهة القوة يخسره من جهة الوقت (١) فلابد ان يكون عمل القوة مساويًا لعمل الثقل طبقا لناموس الميكانيكيات الاتى وهو: اذا ضربت القوة فى البين الذى تتحرك فيه فحاصلهما يعدل حاصل الثقل فى البين الذى يتحرك فيه مثاله اذا تحركت قوة تساوى رطلا واحدا فى بين ١٠ اقدام فذلك يعدل ثقل عشرة ارطال تتحرك فى بين قدم واحدة اى ان ا ط × ١٠ = ١٠ ا ط × ١ واذ قد انتهينا من هذا التمهيد نشرع فى الكلام على الآلات البسيطة بالتفصيل

(١) من الاقوال المشهورة فى المخل قول ارخميدس وهو: اعطونى داركا ومخلا طويلا وانا الكفيل بزحزحة الارض ونقلها من مكانها. وقد حسبوا انه لو جعل ارخميدس داركه نقطة مركز الثقل للارض والقمر معا (وهى على نحو ٣٠٠٠ ميل من مركز الارض) لكان طرف الساعد الذى يحركه ارخميدس من ساعدى المخل يقع بين النجوم الثوابت على بعد نحو خمسة عشر الف الف الف الف الف الف الف ميل. فلو اراد ارخميدس ان ينقل الارض من مكانها قدما واحدة فقط لاقتضى له ان يحرك المخل سبعة وعشرين الف الف الف الف سنة وذلك على فرض انه يحركه بسرعة القنبلة المنطلقة من المدفع. لانه لا يربح من القوة ما لم يخسر من الوقت

اَلفَصْلُ الاَوَّلُ

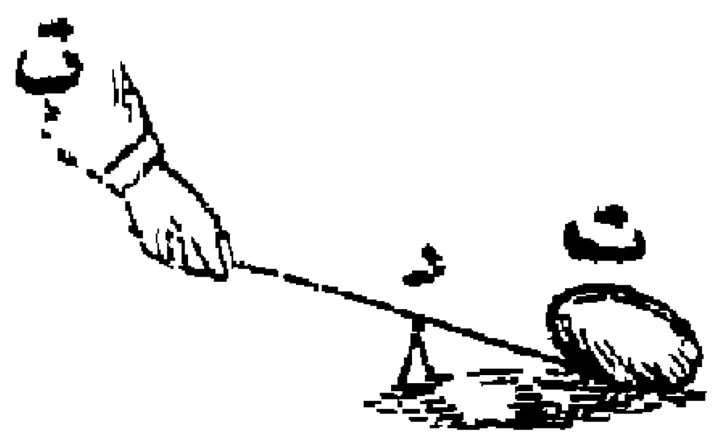
فِى المُخْلِّ وَتَوَابِعِهِ

(٨٨) المخلّ :- هو قضيب من الحديد او نحوه يتحرك على نقطة تسمّى داركا ويعتبر فيه خمسة امور القوة التى تحركه ويدل عليها فى ما يأتى الحرف (ق) والثقل الذى يتحرك به ويدل عليه ث ، والدارك الذى يتحرك هو عليه ويدلّ عليه (د) وساعداه وهما الجزان الواقعان على جانبى الدارك



الشكل ٣٩

(٨٩) انواع المخل :- انواع المخل ثلاثة الاوّل ما وقعت فيه القوة على طرف والثقل على آخر والدارك بينهما (الشكل ٣٩) و الثانى ما وقعت فيه القوة على طرف والدارك على آخر والثقل بينهما والثالث ما وقع فيه الثقل على طرف والدارك على آخر والقوة بينهما .



الشكل ٤٠

(٩٠) النوع الاول من المخل :- اذا اردنا ان نرفع حجرا نضع تحته راس المخل ثم نضع تحت المخل حجرا د (الشكل ٤٠) ونشد على طرف المخل عند ق ، وهكذا السحب الماء بالطلمبا فان قوة اليد ق والماء المسحوب ث والمحور الذى تدور به الطلمبا عليه د . ومثل الطلمبا المقصّ فانه مخل مزدوج من هذا النوع تحسب

الاصابع فيه ق ومسماره د والشيء المراد قصّه ث .

(٩١) النوع الثاني من المخل . يمكن ان يرفع الحجر ايضا بمخل من النوع الثاني كما في الشكل ٤١ حيث فرض ان راس المخل قد ادخل تحت الحجر واسند الى الارض فتكون الارض تحت راسه د والحجر على ما يلي راسه ث وقوة اليد ق ومن هذا النوع مجذاف السفينة فان اليد ق والسفينة ث وتحسب واقعة بين القوة والدارك د حيث طرف المجذاف على الماء .



الشكل ٤١

(٩٢) النوع الثالث من المخل . هو ما وقعت فيه القوة بين الثقل والدارك كقصبة الصيّاد فان الصائد اذا مسكها بيديه تكون اليد القريبة الى راسها ق والبعيدة عنه د والسمكة ث . وكالملقط فان كلا من شعبتيه مخلا من هذا النوع فيه ق شد اليد ووراءها مكان اتصال الشعبتين د وث ما بقي من الشعبة . وكالآلة المرسومة



الشكل ٤٢

فی الشکل ۲۴ فانها تدار بضغط الرجل علی الخشبة ا ب س فطرفها س المرتکز علی الارض هو د وضغط الرجل ق وهی تنتقل علی القضیب الی مکب الخیطان الذی هو ث ·

(۹۳) ناموس الموازنة فی المخل. یتوازن المخل اذا کان ساعد المعلق به الثقل موازنا لساعده الفاعل به القوة وحینئذ یکون طول البین الذی یتحرک فیه الثقل او القوة وقصره بالنسبة الی طول ساعد کل منهما وقصره. مثال ذلک: اذا فرض ان ب ق بُعد القوة عن د و ب ث بُعد الثقل عن د. فان کان طول ب ق مضاعف طول ب ث تتحرک القوة فی بین یعدل مضاعف البین الذی یتحرک الثقل فیه. وحسب ناموس المیکانیکیات المتقدم ذکره یکون ق × ب ق = ث × ب ث ویحل هذه المعادلة الی نسبة ای یجعل احد جانبیها طرفین والجانب الآخر وسطین لنا.

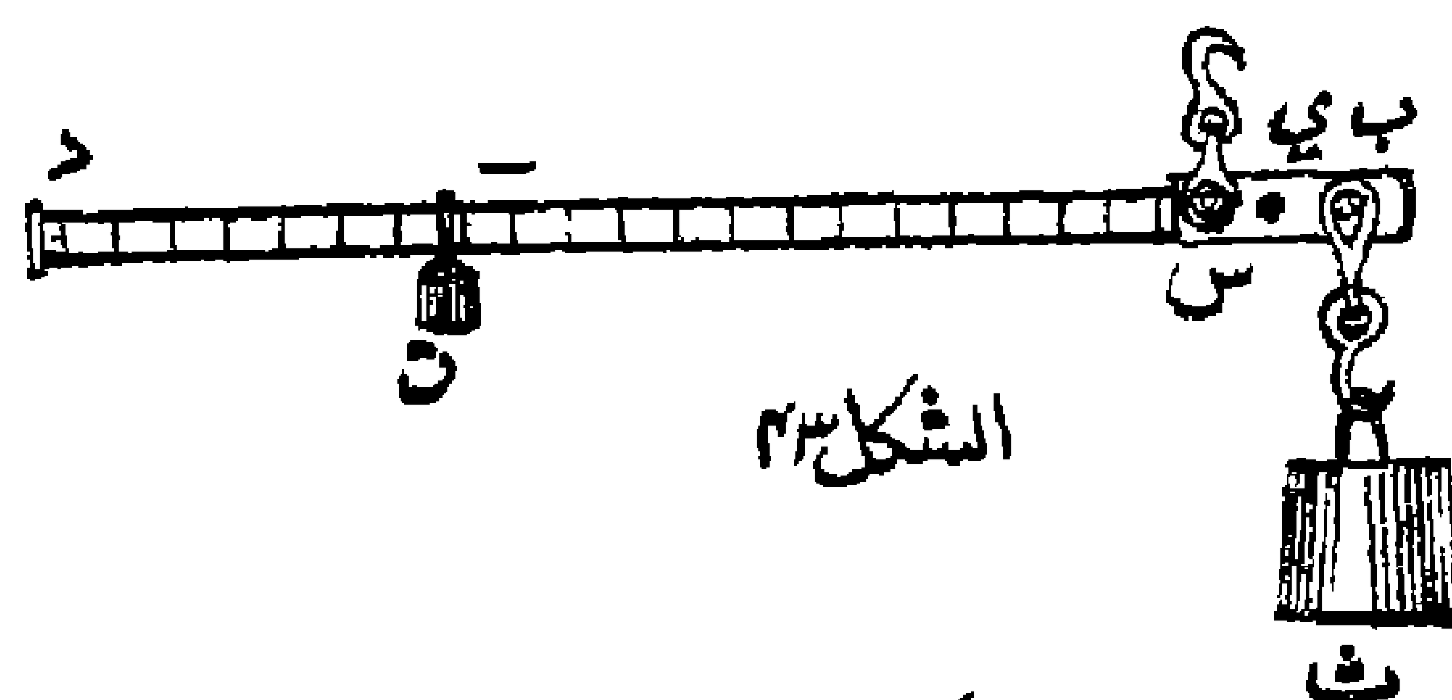
ق ا ث :: ب ث : ب ق

تنبیه. ان النسبة المذکورة یکون فیها خلل قلیل اذا لم یکن المدارک فی الوسط کالمیزان مع فرض المخل من ثخن واحد وکثافة واحدة یداعی ان ساعدی المخل غیر متساویین طولا فیمیل الساعد الطویل القوة فتنحل عن الموازنة بمقتضی النسبة وتصحح النسبة باضافة نصف ثقل المخل الی کل من الثقل والقوة فیها. اذا جعلنا ۲/۱ ث یدل علی نصف ثقل المخل تکون النسبة هکذا ق + ۲/۱ ث : ث + ۲/۱ ث :: ب ث : ب ق کما یبرهن ذلک فی المطولات ·

ثم انه فی النوع الثانی من المخل یکون البین الذی یتحرک الثقل فیه اقصر من البین الذی تتحرک القوة فیه لان الثقل اقرب من القوة الی المدارک. وفی النوع الاول یحتمل ان یکون بین الثقل اقصر من بین القوة او اطول منه ولکن المعتاد ان یکون اقصر وفی النوع الثالث یکون بین القوة اقصر من بین الثقل. فلذلک یربح العامل قوة

ويخسر وقتاً فى النوع الاول والنوع الثانى ويخسر قوة ويربح وقتا فى النوع الثالث حسب النسبة المتقدمة .

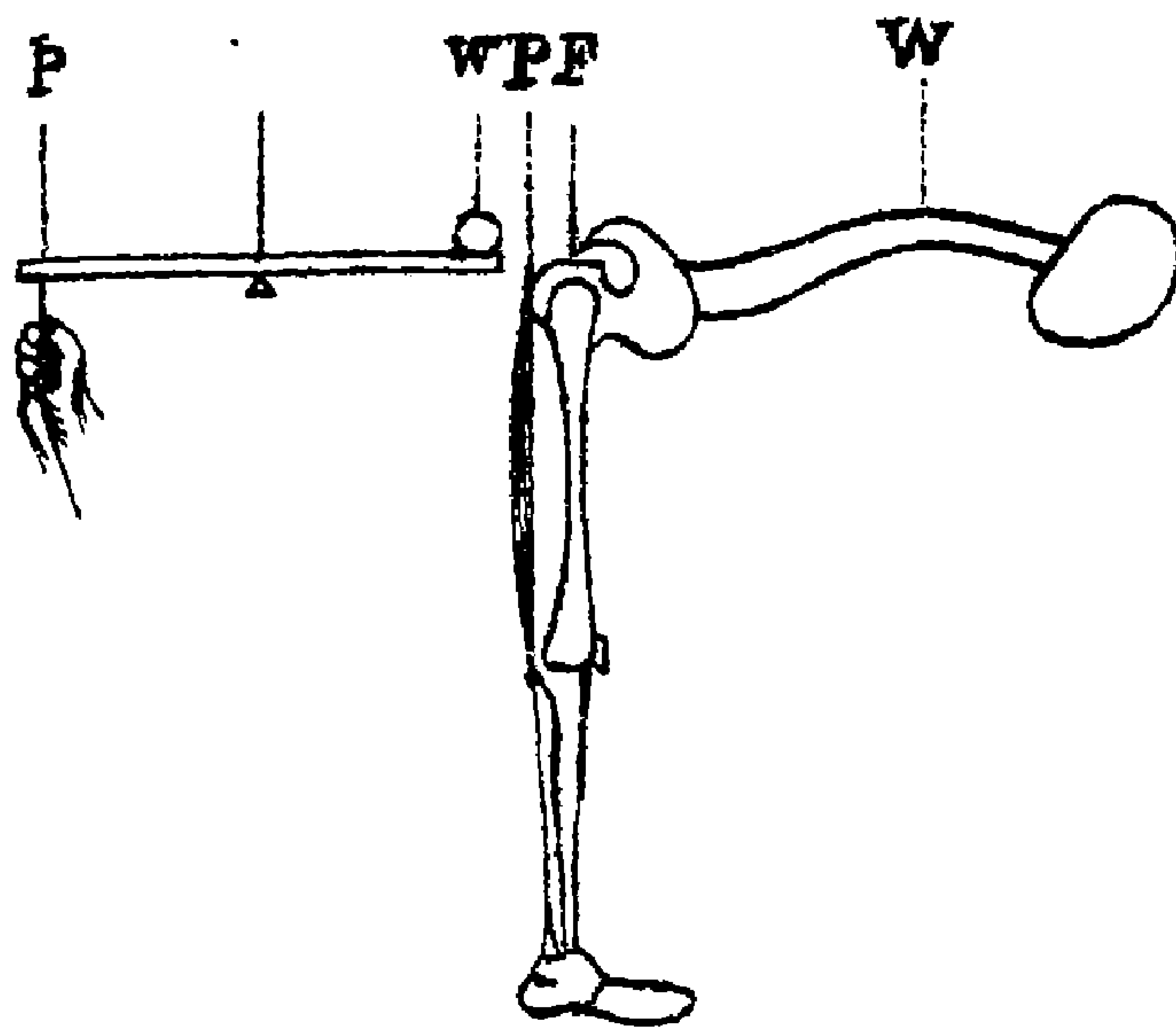
(٩٤) القبان . هو مخل من النوع الاول وتكون القوة فيه عند ق والثقل عند ث والدارك عند س بينهما (الشكل ٤٣) فاذا كان البعد بين س و ب قيراطا واحداً او بين س و ق اثنى عشر قيراطاً فحينئذ اذا تعلق رطل عند ق وازن ١٢ رطلاً عند ث حسب النسبة المذكورة آنفا . واذا كان عند ى صنارة اخرى مثل س وعلق القبان بها فحينئذ يصير الدارك عند ى فاذا فرض بعد الدارك عن ث ربع بعد الدارك عن ق فالرطل الواحد عند ق يوازن ٤٨ رطلا عند ث . وعلى ذلك قسموا قضيب القبان الى درجات توافق هذين الوضعين وجعلوا الدرجات الموافقة للوضع الواحد على جانب منه والموافقة للوضع الآخر على جانب آخر .



الشكل ٤٣

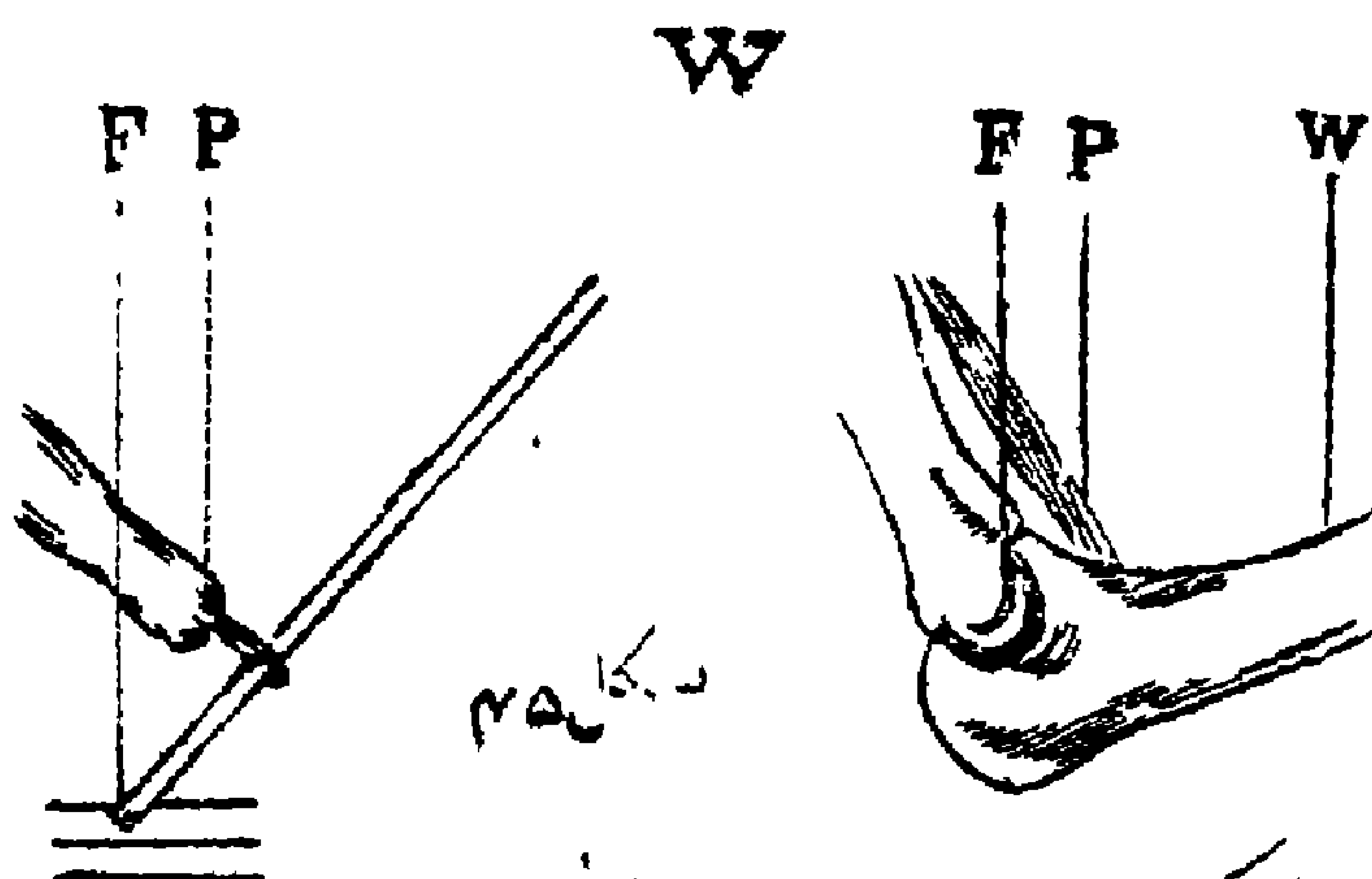
(٩٥) الميزان . الميزان آلة لمعرفة ثقل الاجسام وهو من النوع الاول من المخل بحسب العيار فيه قوة والموزون ثقلا او بالعكس والدارك بينهما عند اللسان الذى تنزل الكفتان او تصعدان عليه . ويضبط الميزان بجعل ساعديه متساويين تماما فى الطول والثقل وجعل كفتيه متساويتين ايضا حتى اذا كانتا فارغتين يكون ساعداه موازيين لسطح الافق . فاذا نقصه شرط من هذه الشروط وقع فيه الخلل وكان من موازين الغش . الا انه قد يستعلم الوزن الصحيح بميزان الغش وذلك بان نضع الموزون فى كفة ونضع رملا او حصى او ما اشبه فى الكفة الاخرى حتى يتوازنا تماما . ثم تبدل الموزون بعيارات توازن الرمل او الحصى فيعرف ثقل الموزون

منها. وللميزان انواع كثيرة على المبدأ المتقدم وسيأتي ذكر نوع منها (عدد ٩



الشكل ٤٤ (١)

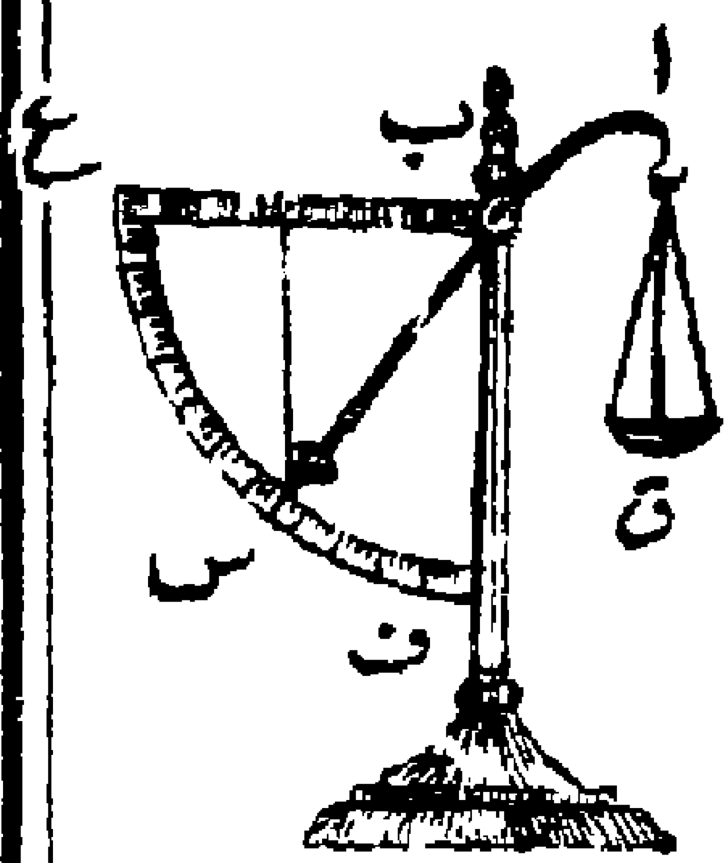
(٩٦) اعضاء الانسان امخال. ان كثيرا من اعضاء الانسان يتحرك على مبدأ المخل فاذا اراد الانسان ان ينتصب بعد الانحناء مثلا انتصب على مبدأ النوع الاول وكانت ق عضلات الفخذ ود راس الفخذ وث الجذع كما في الشكل ٤٤. واذا اراد ان يفتح فمه فتحة على مبدأ النوع الثاني وكانت ق العضلات التي يخفض بها الفك الاسفل وث عمل العضلات التي تطبق الفم ود المفصل بين الصدغ والفك. واذا قبض ساعده على عضده قبضه على مبدأ النوع الثالث فان عضلة قوية من عضلات ذراعه تندغم في الساعد على بعد نحو قيراطين من المفصل المرفقي. ومن هذا المفصل الى مركز الكف نحو ثلاثة عشر قيراطًا فتحسب العضلة



الشكل ٤٥

(١) P القوة F الدارك W الثقل في هذين الشكلين ٤٤ و ٤٥

ق (الشكل ٤٥) والفصل المرفق د والبد وما يحمل بهات . ولذلك يكون ت × ١٣٣ = ق × حسبما مرّ فى ناموس الموازنة (عد ٩٣) ثم ان ٣ قيراطات تساوى ست مرات ونصف مرة قيراطين فلا ترفع هذه العضلة رطلاً من الثقل الا بقوة ستة ارطال ونصف وذلك خسارة فى القوة ولكنه ربح فى الوقت (عد ٩٣) . ولما كان مطلوب البشر السرعة فى الاعمال جعلت العناية الالهية ايديهم موافقة لمطلوبهم .



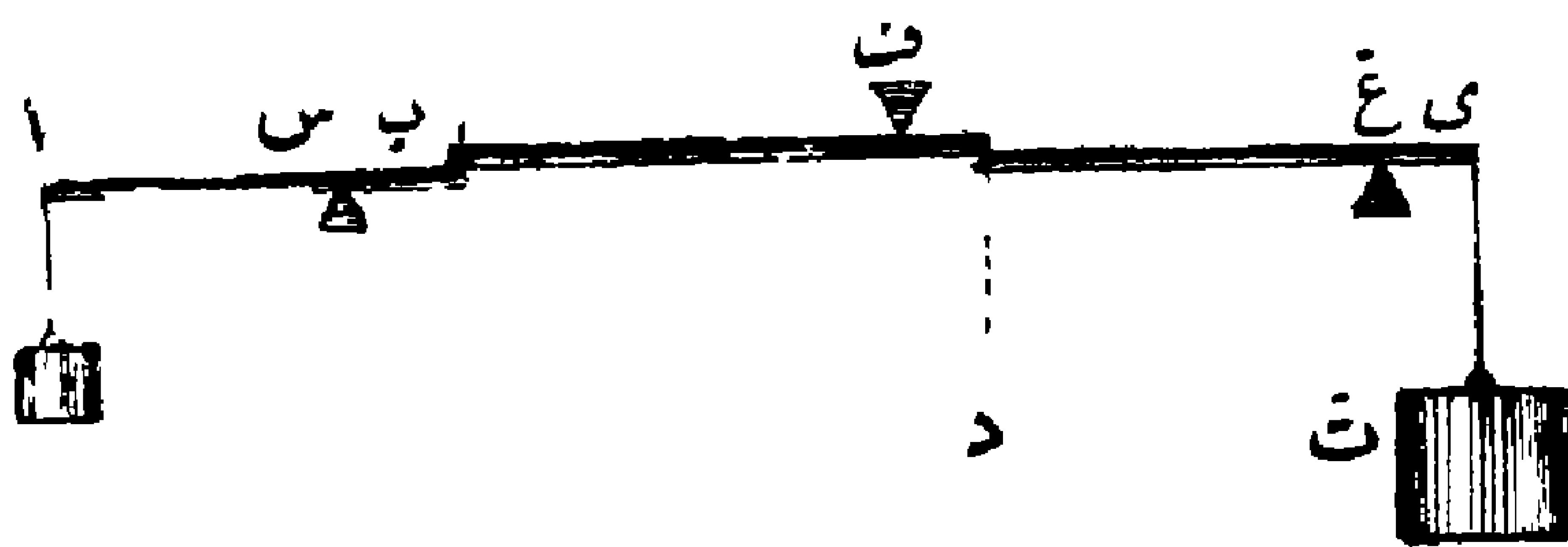


(٩٧) المخل المنحنى : هو ما ليس ساعداه فى خط واحد مستقيم كالشاكوش اذا استعمل لقلع المسامير على ما ترى فى الشكل ٤٦ . ويحسب طول ساعديه الخطين المستقيمين الذين يرسمان من الدارك الى مقابلة كل من الثقل والقوة .

الشكل ٤٧ الشكل ٤٦

ويستعمل المخل المنحنى فى بعض انواع الميزان ايضاً كما ترى فى الشكل ٤٧ فان ا ب س مخل منحن طرفه س مثقل بثقل ثابت . وهذا المخل يدور على الدارك ب الذى هو مسمار فى العمود ب ف فيتحرك طرفه س على الربع المقسم ع غ المتصل بالمحور . واما طرفه الآخر فتعلق به الكفة ى . فاذا اريد الوزن به يوضع الموزون فى ى فيعرف ثقله من موقع س على درجات الربع المقسم على عبارات معروفة .

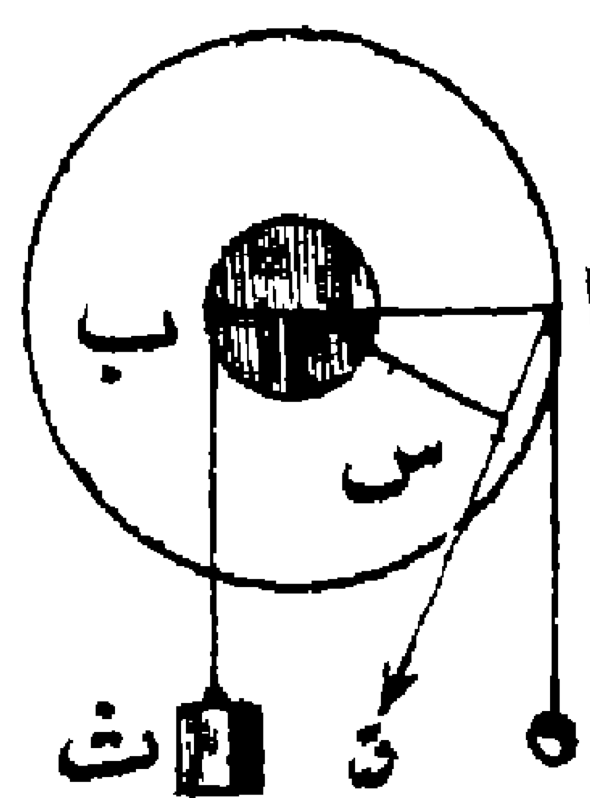
(٩٨) المخل المركّب : هو ما تركّب من عدّة امخال على شكل ان ساعد الواحد الاقصر يفعل بساعد الثانى الاطول وهلم جرّا الى الاخير كما ترى فى الشكل ٤٨ . فاذا كان بُعد ا عن الدارك س اربعة اضعاف بعد ب عنه فقوة خمسة ارطال عند ا ترفع ثقل ٢٠ رطلاً عند ب واذا كان ساعدا ب د وهو المخل الثانى من المخل المركب متناسبين لساعدى المخل الاوّل فى الطول فقوة ٢٠ رطلاً عند ب ترفع ٨٠ رطلاً عند د وكذلك قوة ٨٠ رطلاً عند د فى المخل الثالث دى ترفع ٣٢٠ رطلاً عند ى . فبالمخل المركب ترفع قوة خمسة



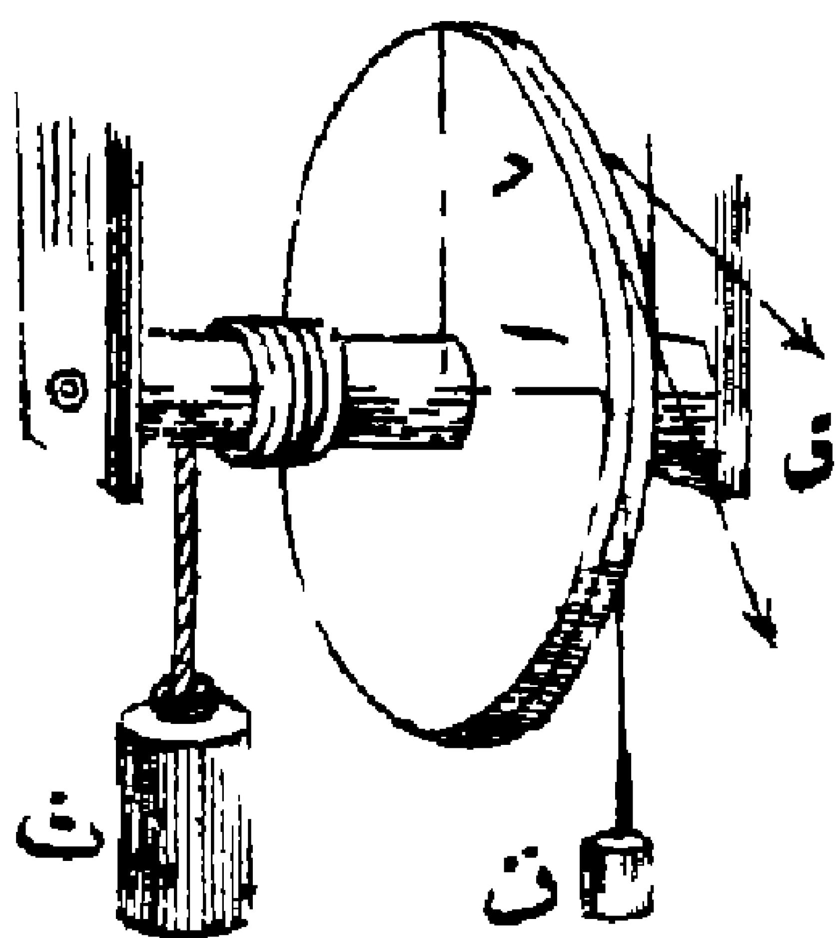
الشكل ٤٨

ارطال ٣٢٠ رطلا من الثقل غير انه اذا اُريد رفع هذا الثقل قدما واحدة لزم ان تهبط القوة ٣٢ قدما. ويصح ان يستعمل المخل البسيط اذا كان طويل الساعدين عوضا عن المخل المركب ولكن المركب يفضل عليه لانه اخف منه ثقلا واسهل استعمالا. ويستخدم لوزن البضائع عند اصحاب الارطال ونحوها.

(٩٩) الدولاب والجزع. الجزع فى اصطلاح هذا الفن اسطوانة داخلة فى وسط الدولاب ومتحدة به اتحادا محكما وكلاهما يدور على خط مستقيم يمر بمركزى قاعدتى الجزع ويسمى المحور. وهما ضرب من المخل مثال ذلك خنزيرة البير التى يسحب الدلو عليها ففيها تفعل القوة بواسطة



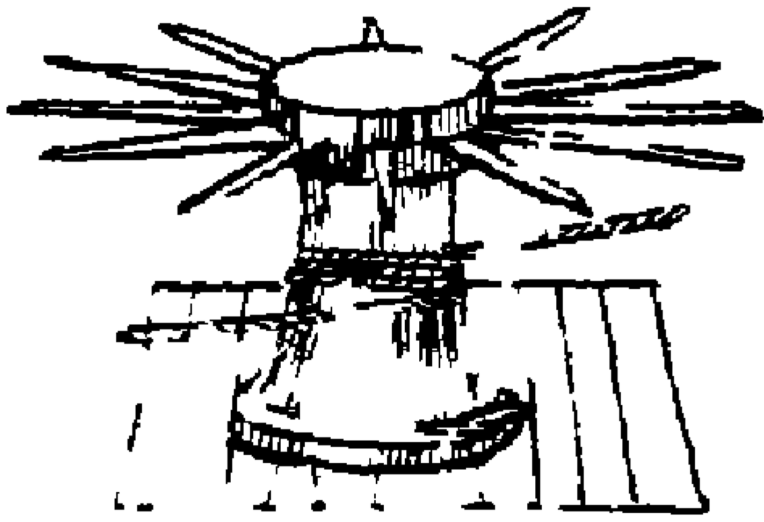
الشكل ٤٩



الشكل ٥٠

مقبض الخنزيرة ويسحب الدلو ثقلا والمحور داركا. وطول اليد من المقبض الى محور الخنزيرة ساعد المخل الاطول ونصف قطر الجزع ساعده الاقصر وليس فيها دولاب بل يعتبر مقبض الخنزيرة دولابا والخنزيرة جزعا

ويظهر الدولاب والجزع جليا من الشكل ٤٩ وهو صورة مقطوعهما عرضا فالحرف د يدل على الدارك ود ا على الساعد الاطول و د ب على الساعد الاقصر و ث على الثقل و ق على القوة وهذه صورة الدولاب والجزع كاملة في الشكل ٥٠ فترى الثقل ث ملتفا فيها على الجزع والقوة ق مدلاة عن جانب الدولاب. واما الشكل ٥١ فيدل على الآلة التي ترفع بها مرساة السفينة من البحر. وذلك بادارة الجزع بواسطة القضبان التي منه فيلتف الزنجير عليه. واما الشكل ٥٢ فصورة آلة تستعمل غالبا لنقل الابنية ويديرها حصان.

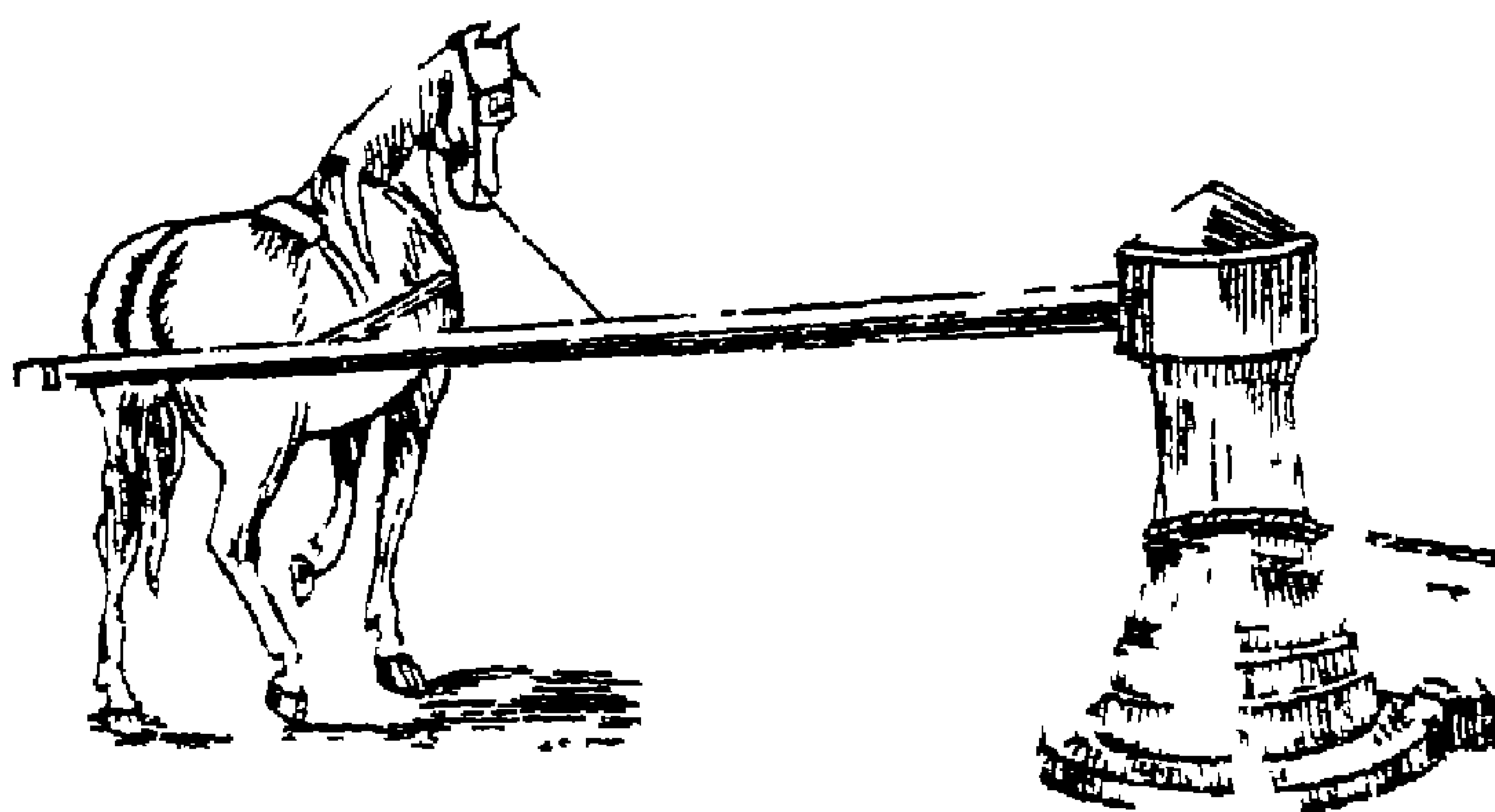


(١٠٠) واعلم ان للدولاب والجزع مزية على المخل بكون عملهما مستمرا بخلاف المخل فانه يلزم فيه ان يسند الثقل ويجدد وضع المخل كل قليل كما يشاهد في قلع الصخور ونحوها فيكون عمله متقطعا

الشكل ٥١

ولذلك يسمى الدولاب والجزع ايضا المخل الدائم العمل.

(١٠١) ناموس الموازنة في الدولاب والجزع ✤ كلما ادرنا الدولاب دورة يلتف الحبل حول الجزع لفة ويرتفع الثقل بقدر طول تلك اللفة فحسب ناموس الحركة وهو ان الزخم = المادة × السرعة ولكون زخم



الشكل ٥٢

القوة یقتضی ان یساوی زخم الثقل لکی یتوازنا ومحیط الدولاب هو سرعة القوة ومحیط الجزع سرعة الثقل لنا القوة × محیط الدولاب = الثقل × محیط الجزع. ولما کان محیط الدائرة الواحدة الی محیط الدائرة الاخری کنصف قطر تلک الدائرة الی نصف قطر هذه[1] قلنا

ق : ث :: نصف قطر الجزع : نصف قطر الدولاب.

فاذا کان نصف قطر الجزع ۶ قراریط ونصف قطر الدولاب ۲۴ قیراطًا فالثقل اربعة اضعاف القوة.

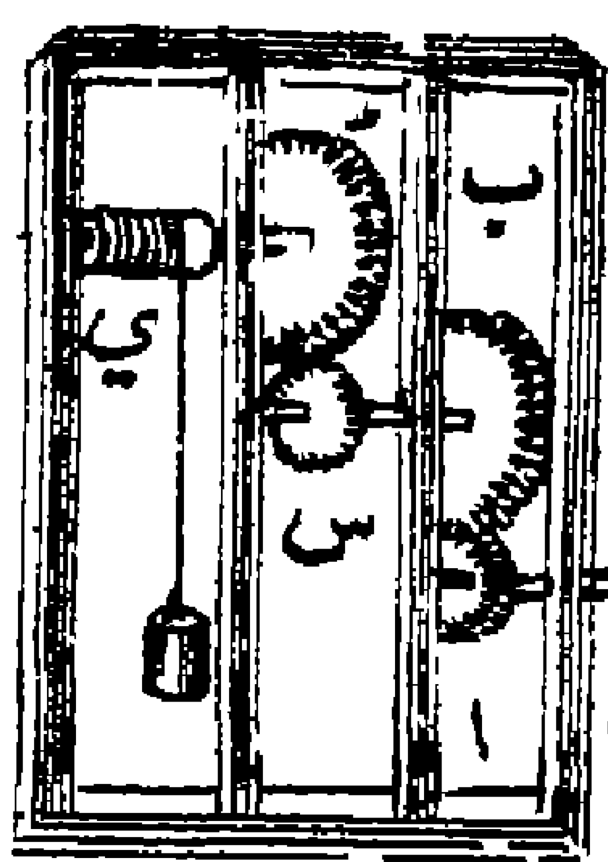
(۱۰۴) الدولاب المرکّب هو ما ترکب من عدة دوالیب وجزوع تفعل بعضها ببعض علی سبد أ المحل المرکب. وذلک بان تکون الدوالیب والجزوع مسننة فتدیر اسنان جزع الدولاب الواحد اسنان الدولاب الآخر فیدور هو وجزعه ثم تدیر اسنان جزع هذا اسنان دولاب آخر فتدیره هو وجزعه ایضا وهلم جرّا حتی یتصل فعل القوة الی الثقل

تستعمل الدوالیب نفسها لادارة بعضها البعض ایضًا کما تری فی الشکل ۵۳.

فتسمی التی توصل الحرکة الی المحیط مثل او س السائقة والاخری مثل ب و د المسوقة وتحسب الید ق ح من الدوالیب المسوقة والجزع ی من ا سائقة فاذا کان ق ح ۱۲ قیراطا ونصف قطر الدولاب السائق ا قیراطین وفعل الانسان بقوة رطل واحد تصیر القوة علی الدولاب ب ۶ ارطال. واذا فرض نصف قطر الدولاب السائق س قیراطین ایضا ونصف قطر المسوق ب ۱۲ قیراطا تصیر القوة التی کانت ۶ ارطال علی ب ۳۶ رطلا علی د وتوازن ثقل ۲۱۶ رطلًا علی الجزع ی

(۱) محیط الدائرة هو الخط المستدیر الذی یرسم حولها. ومرکزها هو نقطة فی وسطها جمیع الخطوط الخارجة منها الی المحیط متساویة. وقطرها هو کل خط یرسم من جانب من محیطها الی جانب آخر مارًا بمرکزها. ونصف قطرها هو نصف ذلک الخط مرسومًا من المرکز الی المحیط. فیقدر ما یطول نصف قطر الدائرة یتسع محیطها.

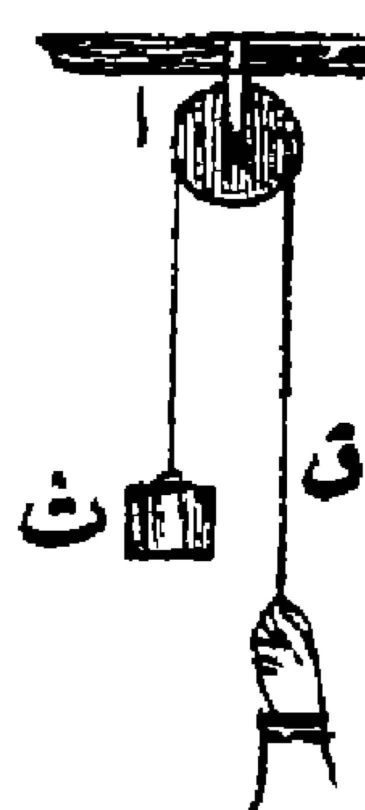
الذى نصف قطره قيراطان اى ان قوة رطل واحد توازن ثقل ٢١٦ رطلا الا ان هذا
الثقل لا يتحرك الا ١/٢١٦ من المسافة التى تتحرك فيها القوة ٠



الشكل ٥٣

فما نربحه بالدولاب المركب من رفع ثقل عظيم بقوة
صغيرة يعادل ما نخسره من الوقت على رفع ذلك الثقل
واذا اردنا العجلة زدنا القوة وجعلناها تفعل بالجزء
عكس ما تقدم كما هو شائع فى المعامل حيث يدور
دولاب الماء او غيره بزخم شديد فيدير بقوته العظيمة غيره من الدواليب المغازل
بسرعة شديدة ٠

(١٠٣) البكرة : البكرة ضرب من المخل يدور على محور ثابت هو داركه
وهي عبارة عن دولاب فى حرفه محز يترل فيه الحبل او نحوه. وفائدتها
تظهر مما يأتى. اذا اردنا ان نوصل القوة من محل الى آخر بالآلات فعلنا
ذلك اما بالدفع او بالسحب اما الدفع فنستخدم له

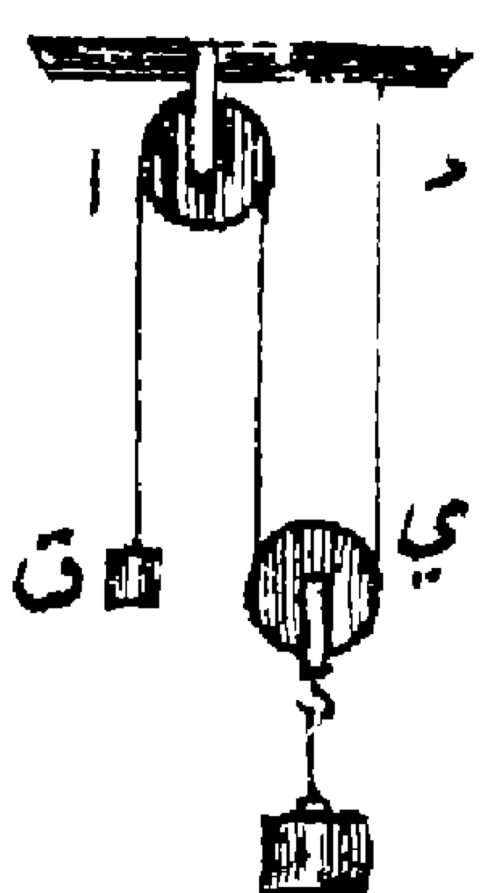


الشكل ٥٤

الاجسام الصلبة كالمخل واما السحب فنستخدم له الاجسام
اللينة كالحبال والاوتار والخيوط ونحوها ٠ ويمتاز السحب
على الدفع بانه مع ايصاله القوة كالدفع يمكن فى تغيير
جهتها كما فى البكرة الثابتة المفردة (الشكل ٥٤) فهذه
مخل من النوع الاول متساوى الساعدين فلا يربح بها قوة ولا سرعة لان
اليد ق تسحب نازلا بقدر صعود الثقل ث وكلاهما يتحرك بسرعة
واحدة ولكنها مع ذلك كبيرة الفائدة كما يظهر من رفع الرايات
من اعلى الارض الى رؤس السوارى مثلا فلولاها لالتزم البحرى
او غيره ان يخاطر بنفسه الى راس السارية لرفع الراية ٠ واذا وضعت
بكرتان ثابتتان كما فى الشكل ٥٥ ولف حولهما حبل ثم ربط ثقل باحد
طرفيه وحصان بطرفه الآخر وسيق الحصان ارتفع الثقل بقوة
الحصان عن الارض الى العلو المراد ٠


الشكل ٥٥

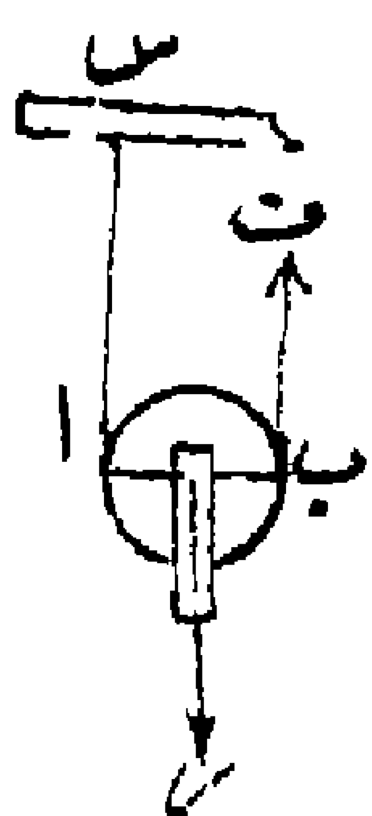
(١٠٤) البكرة المتحركة. تستعمل البكرة ايضا متحركة وهي التي ترتفع على الخيط فيرتفع الثقل معها و تكون اما مفردة او مركبة فمثال المفردة الشكل ٥٦ حيث البكرة ثابتة دي



الشكل ٥٦

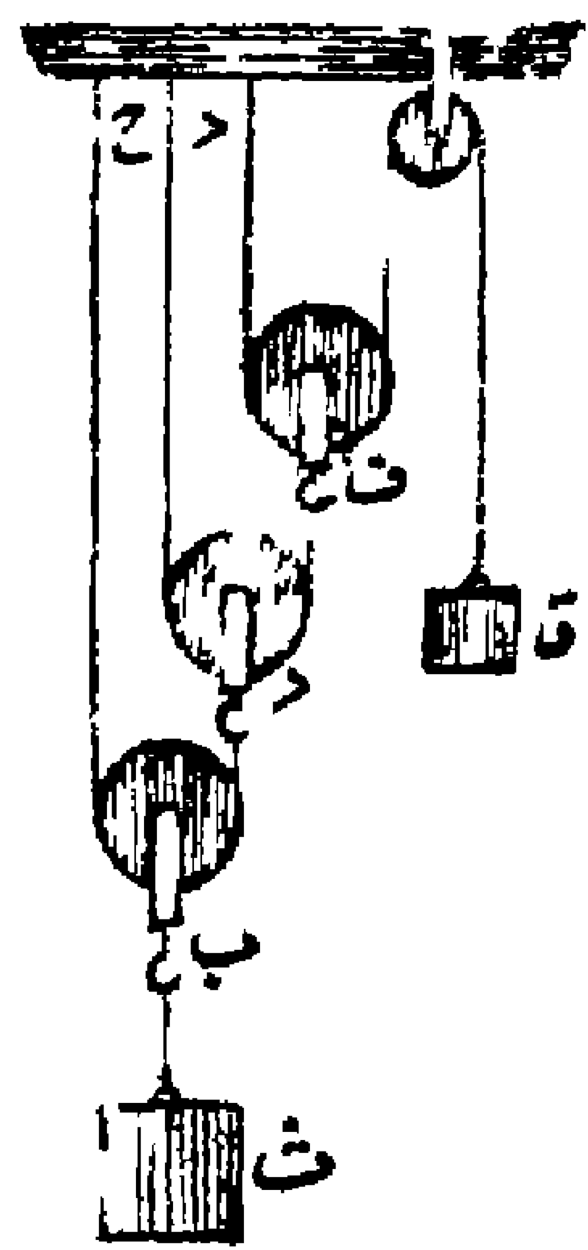
المعلّق الثقل بها بكرة متحركة. ولا يخفى ان نصف الثقل معلق بالخيط دي والنصف الآخر تحمله القوة ق بالخيط اي. فالقوة اذاً توازن الثقل في البكرة المتحركة المفردة اذا ساوت نصفه فقط ولكن يكون البين الذي تتحرك فيه مضاعف البين الذي يتحرك فيه الثقل وذلك لا اشكال فيه اى انا نربح بها قوة ونخسر وقتا.

ولزيادة ايضاح ذلك نقول ان ا (الشكل ٥٧) في البكرة بمنزلة الدارك في المخل و ب بمنزلة الثقل فاعلا في جهة الخط و ر و ب القوة. فهذه البكرة من النوع الثاني من المخل ويصدق عليها ما قيل عنه. ولما كان الثقل فيها واقعا في منتصف البعد بين الدارك والقوة تحصل الموازنة. اذا ساوت القوة نصف الثقل.

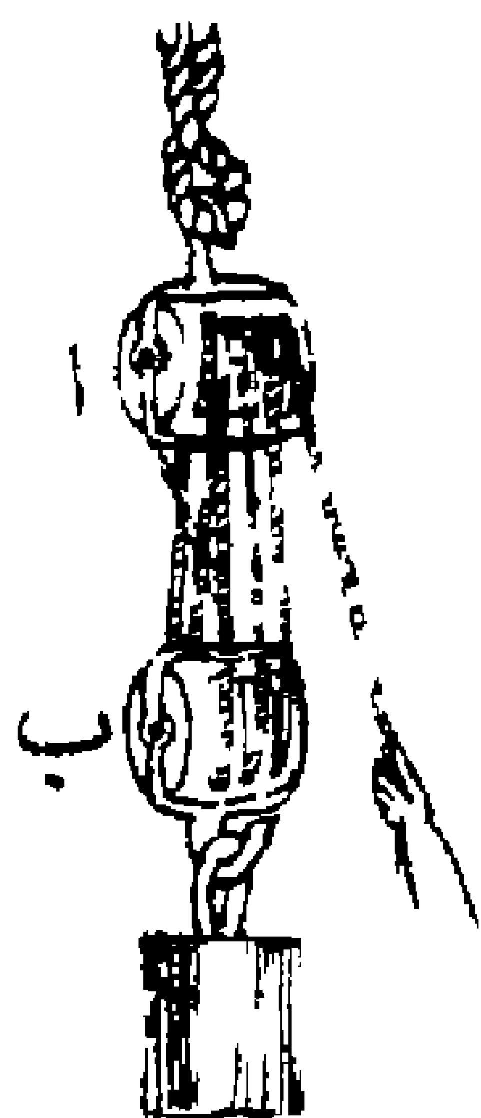


الشكل ٥٧

(١٠٥) البكرة المركبة. اذا نظرت الى الشكل ٥٨ وجدت ان الثقل معلق بخيوط على عدة بكرات مركبة معًا فالبكرة ف تحمل ثقلا بقدر ما تحمل ضعف القوة ق (عد ١٠٤) والبكرة د تحمل ثقلا مضاعف ما تحمله ف كذلك و البكرة ب مضاعف د. فتكون القوة في نظام هذه البكرات موازنة لثقل اكبر منها بثمانية اضعاف. فقوة رطل واحد توازن ثقل ثمانية



الشكل ٥٨



الشكل ٥٩

ارطال ولكنها لا ترفع الثقل قيراطا واحدًا حتى تنزل ثمانية قراريط على ما علمت ❊ وتركب البكرات على هيئات اخرى منها الشكل ٥٩ وهو يدل على البكرات المستعملة عند العاملين بالالات .

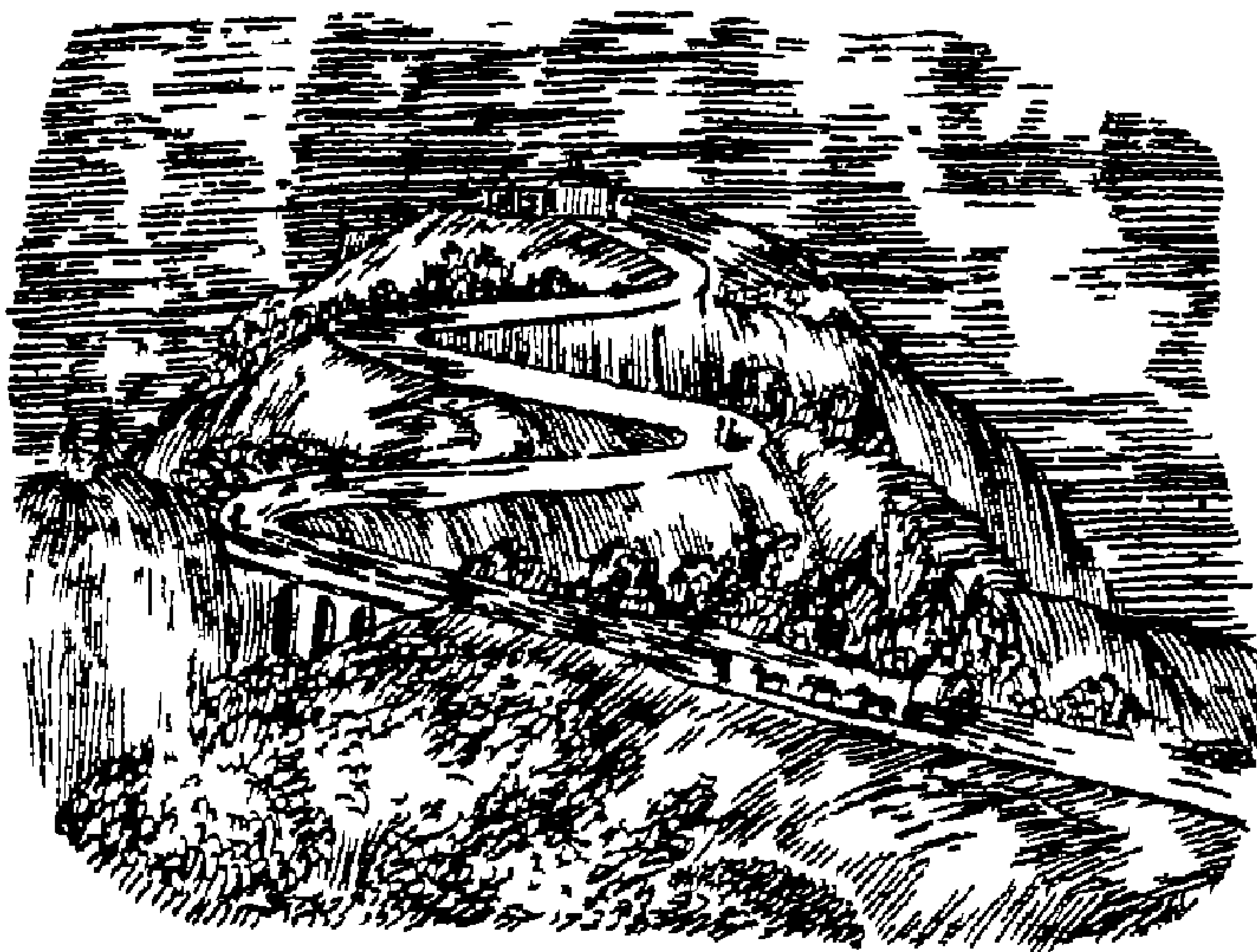
(١٠٦) ناموس الموازنة فى البكرة ❊ فى كل نظام من نظامات البكرة يفقد نصف القوة تقريبا بالاحتكاك فلا يؤدى المرام واكثر النظامات المستعملة يكون الثقل فيها مساويا للقوة مضروبة فى مضاعف عدد البكرات المتحركة

❊

الفصلُ الثّانی

فی السّطحِ المائلِ وتوابعه

(۱۰۷) السطح المائل ٭ اذا اردنا ان نرفع حملاً ثقیلاً الی مرکبنا او حجراً ثقیلاً علی ظهر جمل ولم نقدر علی رفعه لثقله نصل بین المرکبة او ظهر الجمل والارض بخشبة مائلة ثم نقلب الحمل او الحجر علیها حتی یصل الی العربة او ظهر الجمل. فسطح الخشبة هذا یسمّی سطحاً مائلاً۔ واذا اردنا ان نصعد من الارض الی علیّة نصل بینهما بسلّم فالسلّم سطح مائل وانما درجها

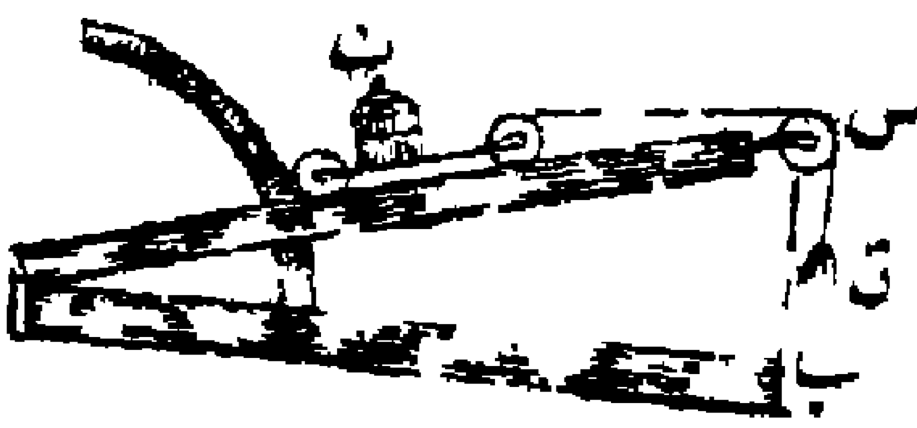


الشکل ۶۰

واسطة لتسهيل الصعود حينا ما . ومثل ذلك اذا صعدت المركبات او الدواب فی الجبال فانها تدور فی الغالب علی سطح مائل كما تری فی الشكل ٦٠ .

قيل ان فی اميركا الجنوبية طريقا مصنوعة علی سطح مائل طولها ستة اميال وممتدة من كالاو الی ليما فی علو ٥١١ قدما . وهی من اطول السطوح المائلة فی الارض واتقنها

(١٠٩) ناموس الموازنة فی السطح المائل . اذا فرضنا ق فی الشكل ٦١ القوة وث الثقل موضوعا علی عجلة وس بكرة ينسحب الثقل عليها واس سطحا مائلا فالقوة لا ترفع الثقل س الی علو ب س ما لم تهبط فی مسافة تساوی اس . وحسب ناموس الميكانيكيات



الشكل ٦١

ق × طول السطح المائل = ث × علو السطح المائل . فيحل ذلك الی نسبة يكون

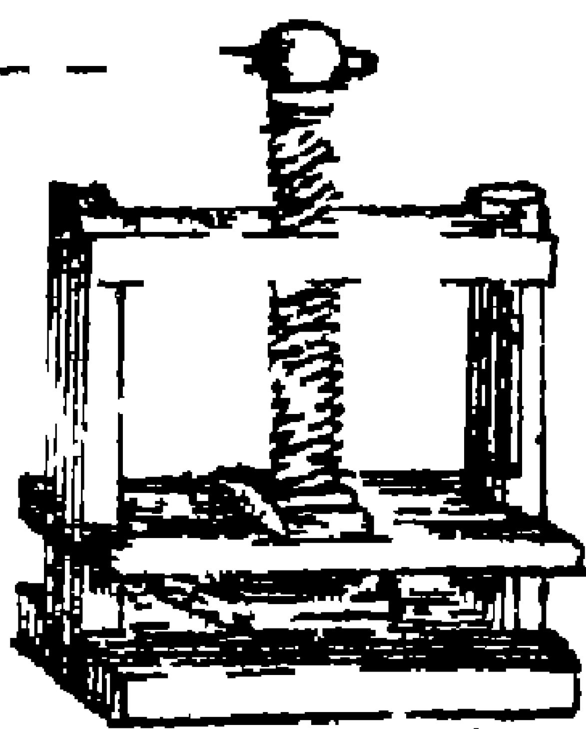
ق : ث :: علو السطح المائل : طوله .

فاذا اردنا ان ندحرج حجرا ثقله ٢٠٠ اقة الی ظهر جمل علوه ٣ اقدام عن الارض علی سطح مائل طوله ١٢ اقدما لزم لنا قوة ٥٠ اقة ای ربع الثقل فقط لان القوة : ٢٠٠ اقة :: ٣ اقدام : ١٢ اقدما فالقوة = ٥٠ اقة . فكاننا بدحرجة الحجر علی السطح المائل خففنا ثقله حتی صار ربع ما كان . ولكن ما نكسبه من تخفيف الثقل نخسره فی قضاء الوقت لاننا ندحرج الحجر علی السطح المائل مسافة ١٢ قدما ولو رفعناه دفعة واحدة لرفعناه مسافة ٣ اقدام ای ربع تلك المسافة فقط . واذا جرّ حصان مركبة فی طريق طالعة وكان كلما سار فی الطريق ١٠٠ قدم يرتفع قدما واحدة فی العلو فلا يبذل من القوة علی جرّ المركبة الا ما يساوی ١/١٠٠ من ثقلها هذا عدا ما يقتضيه الاحتكاك به . واذا تدحرج جسم من شاهق

الى الارض على سطح مائل يكون معدل سرعته عند وصوله الى آخر السطح المائل اي التي يكتسبها بالاستمرار في آخر السطح يساوي معدل سرعة الجاذبية عند وصوله الى الارض لو هبط من الشاهق الى الارض في خط عمودي.

ان في جوار بحيرة لوسرن بسويسرا غابة من شجر السنديان على راس جبل شامخ من جبال الالب يصعد اليها الناس ويقطعون شجرها ثم يزحلقونه فينزل مسافة ثمانية اميال في ثماني دقائق ويسير في قناة من الخشب الى الماء فتتعاظم سرعته جدًّا في نزوله حتى يسمع له صوت كالرعد القاصف واذا اتفق ان شجرة افلتت من القناة تحطمت كل تحطم.

(١٠٩) اللولب :. اللولب ويعرف بالبرغي ايضا آلة مركبة من اسطوانة وسطح مائل ملتف حولها وتعرف الاسطوانة بالجسم والسطح المائل بالخيط (الشكل ٦٢) ويدخل اللولب في جوزة ذات خيوط معاكسة لخيوطه بحيث تدخل خيوطه في خيوطها فتدور هي عليه او يدور هو عليها. وتفعل القوة به او بها حسبما يتفق بمفتاح او مخل

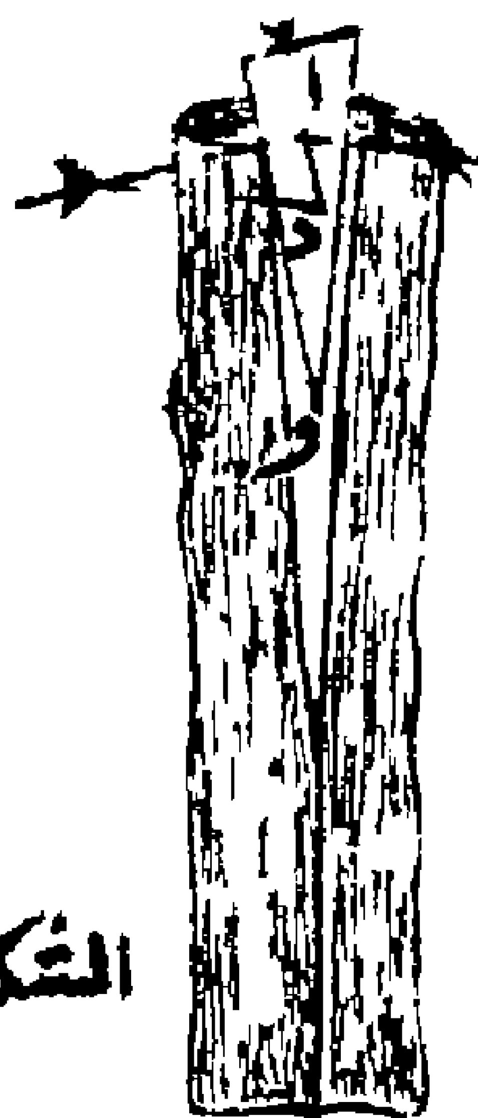

الشكل ٦٢

وهو كثير الاستعمال في المعاصر لعصر الزيتون والتفاح والعنب وبزر الكتان وقصب السكر ونحوها وطبع المكاتيب في المطابع وسك النقود وما شاكل. وفي الملازم وفي رفع الابنية وغير ذلك.

(١١٠) ناموس الموازنة في اللولب :. اذا فعلت القوة بطرف مخل لولب رسمت دائرة نصف قطرها طول المخل ومحيطها البين الذي تدور فيه القوة ودفعت الثقل في كل دورة بقدر البعد بين خيط وآخر من خيوط اللولب فبحسب ناموس الميكانيكيات ق محيط الدائرة = ث × البعد بين خيط وآخر اي ان ق : ث :: البعد بين خيطين : المحيط .

وعلى ذلك تزداد قوة اللولب اما بتطويل المخل او بتقليل البعد بين الخيوط ـ

(۱۱۱) السفين ÷ السفين آلة ذات سطحين مائلين يلتقيان في خط (الشكل ٦٣) ويستعمل لشق الحطب وقلع الصخور ورفع السفن لاجل اصلاحها وغير ذلك ۰ وعلى مبدأه تستعمل الآلات الثاقبة والقاطعة كالابر والمسامير والمواسى ونحوها


الشكل ٦٣

(۱۱۲) ناموس الموازنة في السفين ÷ هو كناموس الموازنة في السطح المائل اى ۰

ق : ث :: سمك السفين : طوله ۰

ولكن هذا الناموس لا يصدق عملاً فان قوة السفين اعظم جداً مما يقتضيه ۰ لان الاحتكاك الذى ينقص قوة السطح المائل وغيره من الآلات الميكانيكية يزيد السفين قوة ولولاه لكان السفين يرتد من موضعه بعد كل ضربة فيذهب تعب الضارب سدًى ۰ وايضاً لان القوة الفاعلة على غير السفين من الالات الميكانيكية هي قوة ثابتة على حال واحدة واما القوة الفاعلة بالسفين فهي ضربات منقطعة تساوى زخم المطرقة الطارقة عليه ـ

الخاتمة ÷ ان ما تقدم عن الآلات الميكانيكية يصدق عليها نظرا لا عملا وذلك لاننا كنا نعتبر المخل مثلا عديم الثقل والواقع ان له ثقلا ينبغى الالتفات اليه عند التحقيق فى الحساب ۰ وكنا نفرض المخل وغيره من الآلات تامة القساوة لا تلين ولا تنضغط وحبال البكرات وخيوطها تامة الليونة لا يقتضى ليها ادنى قوة ۰ وكنا نقطع النظر عن الاحتكاك فنحسبه غير موجود والصحيح ان هذه كلها موجودة فيقتضى الالتفات اليها عملاً ۰ هذا ومع ان الغرض من

الآلات الميكانيكية رفع الاثقال فلا يبحث فى هذا الفن عن القوة اللازمة لرفع الثقل بل عن القوة اللازمة لموازنته كما تقدم وذلك لانه متى حصلت الموازنة فاقل زيادة على القوة ترفع الثقل فتنبه.

(٣١) مسائل للتمرين. (١) لماذا يصح ان يسمى مجذاف القارب محلا و كذلك الباب. والسقاطة. والرفش. والمجرفة. والمقص. والمجرد. والملقط. والميزان. والمنكلة (الشكل ٦٤) ومكسر الجوز والبندق. ونحوها. والمعول اذا تحركت معه الذراع من الكتف. (٢) اذا امسكت بطرف السلم ونصبته على الحائط فكيف تبين انك تنتقل برفعه من النوع الثانى الى النوع الثالث من المحل



الشكل ٦٤

(٣) لماذا يزيد المرء القرص بشعبتى الملقط بقرب ملتقاهما عن المرء القرص بهما قرب طرفيهما. (٤) اراد رجلان ان يحملا ١٢٥ اقة من الحرير بعود على كتفيهما طوله عشر اقدام فاين يعلقان الحرير حتى يحمل احدهما ٥٠ اقة فقط. (٥) عندنا محل من النوع الاول طوله ست اقدام ومرادنا ان نجعل قوة رطل واحد توازن عليه ٣٢ رطلا من الثقل فاين نضع داركه. (٦) اراد زيد ان يرفع صندوقا على دولاب قطر جزعه قدم وطول يده ٣ اقدام فما القوة لذلك. (٧) اذا وازن ثقل ١٢٠٠ اقة قوة ستة اوقية على دولاب قطره ٦ اقدام فكم يكون قطر جزعه. (٨) كم بكرة متحركة ترفع ٢٠٠ رطل من الثقل بقوة ٢٥ رطلا. (٩) كم رطلا من الثقل يرتفع بمائة رطل من القوة على نظام مؤلف من اربع بكرات متحركة وبكرة ثابتة لتغيير جهة القوة. (١٠) كم من الثقل يرتفع بقوة حصان(١) واحد تسحب بنظام من البكرات كالنظام المرسوم فى الشكل ٥٩. (١١) رفع ثقل ٢٠٠ اقة بقوة ٢٥ رطلا على لولب طول يده ٣ اقدام فكم كان بعد بين خيوطه

(١) قوة الحصان الواحد فى الميكانيكيات تساوى قوة ترفع ٣٣٠٠٠ ليبرا اى نحو ٧٠ قنطارا قدما واحدة فى دقيقة واحدة بدون معونة الآلات.

(١٢) وازنت قوة ٢١ رطلا ٩٦ رطلا على سطح مائل طوله ١٢ قدما فكم كان علوه. الجواب
(عدد ١٠٨) ٢١ × ١٢ ÷ ٩٦ = علو السطح اذاً علو السطح = ٢ (١٣) اراد عمرو ان يرفع حجراً ثقله
٣٠٠ رطلا الى ظهر جمله على ارتفاع اربع اقدام عن سطح الارض وقوة عمرو ٤٢ رطلا
فقط فكم يجب ان يكون طول العارضة التي يدحرج الحجر عليها. (١٤) عندنا قوة ١٠٠ رطل
ولولب طول يده اربع اقدام والبعد بين كل خيطين من خيوطه ثلاثة ارباع القيراط
فكم من الثقل يرتفع بها. (١٥) طول قبان من صنارة المدار الى الطرف الذي
تصل اليه القوة قدمان وبعد صنارة المدار عن صنارة الثقل قيراطان والقوة
عليه رطل فالى كم من الارطال يوزن عليه (انظر عدد ٩٤). (١٦) كيف يمكن ان يستعمل
الرفش في حفر الاراضي على مبدأ كل نوع من انواع المخل الثلاثة (١٧) لماذا يصنع
ملقط الحداد والملقط الاعتيادي على مبدأ واحد. (١٨) طول مخل من النوع الثالث
١٣ قدما وبعد ث عن د ٣ اقدام وق ٥٠ رطلا فكم رطلا من الثقل توازن عليه.
(١٩) طول مخل من النوع الاول ١٢ قدما وبعد د عن ث ٣ اقدام وق ٥٠ رطلاً فكم
رطلا من الثقل توازن عليه. (٢٠) عندنا دولاب وجزع فاذا كانت ق = ٤٠ رطلا
وث = ٢٤٠ رطلا. فقطر الجزع = ٨ قراريط فكم محيط الدولاب. (٢١)
اذا فرضت ق = ٢٠ رطلاً وث = ٢٤٠ رطلا وقطر الدولاب
= ٤ اقدام فكم محيط الجزع. (٢٢) قطر الجزع ١٠ قراريط
وق ١٠٠ اوقية وث ٢٠٠ اوقية فما قطر الدولاب
(٢٣) اي قوة تحمل ٣٠٠٠ رطلا بست
بكرات وخيط واحد يمر عليها كلها.
(٢٤) كم بكرة متحركة تحمل
٢٤٠ رطلا من الثقل
اذا فرضت القوة
٢١٠ ارطال

الباب الخامس

في ضغط السائلات

الفصل الاول

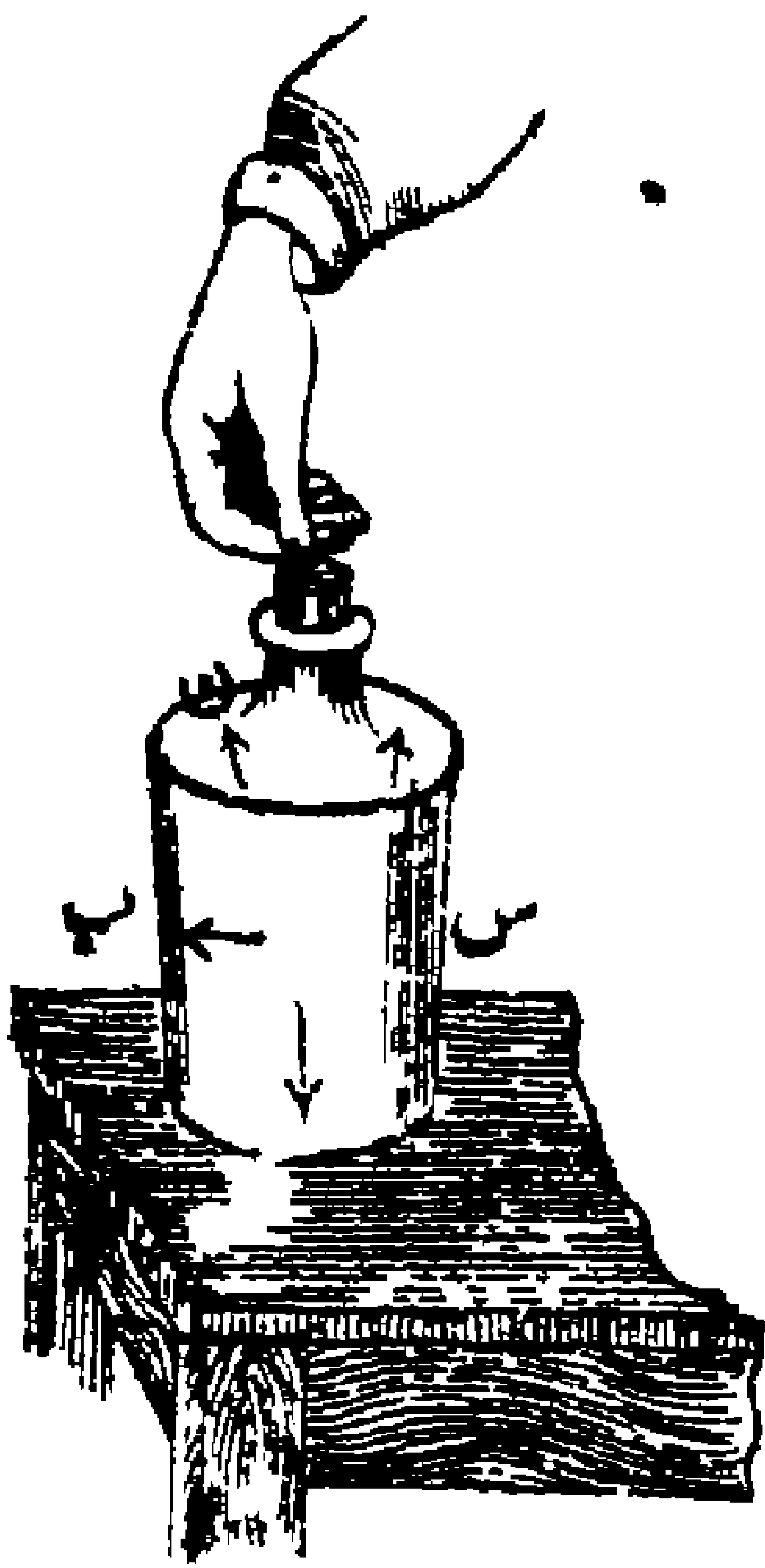
في الماء الساكن او الهيدروستاتك

(١١٤) الهيدروستاتك لفظة مشتقة من اليونانية معناها موازنة الماء. وهي فن يبحث فيه عن موازنة السائلات الساكنة وضغطها. ولما كان الماء اعظم السائلات مقدارًا كان ايسرها استعمالًا في التجارب الفلسفية ولذلك يتخذ نائبًا عنها كلها.

(١١٥) تساوي ضغط السائلات * اذا ضغطت السائلات اوصلت الضغط بالتساوي الى كل الجهات. ويسمى ذلك ناموس باسكال لان باسكال كشفه وهو اشهر نواميس السائلات وبيانه ان دقائق السائلات سهلة الحركة بعضها على بعض فاذا ضغطتها قوة فلا تحكّها ينقصها بل تنتصل بالتساوي الى الاعلى والاسفل وبقية الجهات

والدليل عليه انه اذا ملأت قنينة ماء وسددتها بفلينة وضغطت الفلينة بقوة اوقية انتقل الضغط على دقائق الماء من دقيقة الى اخرى. فاذا كانت مساحة الفلينة قيراطًا مربعًا فالضغط لكل قيراط مربع من القنينة عند ن الشكل ٦٥) وا و ب او س يساوي اوقية. ولذلك اذا كانت مساحة السطح الداخل من القنينة مائة قيراط مربع فضغط الاوقية الواحدة الفلينة يصير مائة اوقية من

القوة داخل القنينة فيكاد يكسرها.



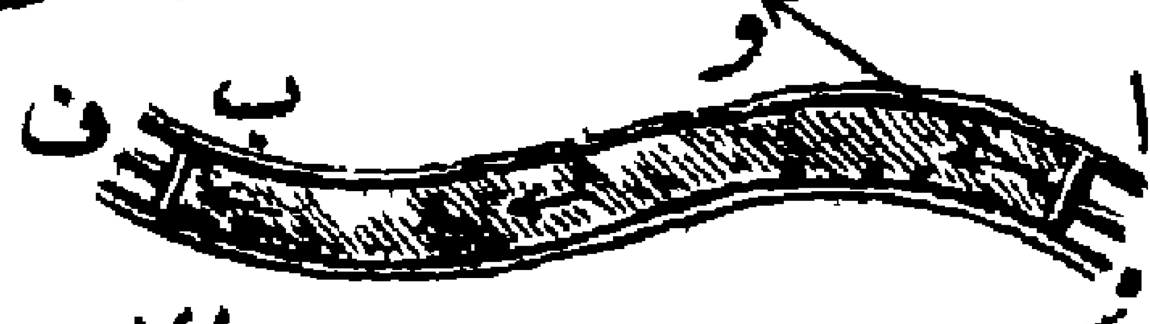
الشكل ٦٥

(١٦٢) انتقال الضغط على السائلات

ان انتقال الضغط على السائلات قد يكون اتم من انتقاله على الجوامد كما يتضح مما يأتي: لتدخل اسطوانة من الرصاص في انبوبة مستقيمة اب في الشكل ٦٦ وليجعل مدك في طرف الانبوبة فاذا حركت المدك قوة عند و انتقل فعلها هذا الى ف بدون ان ينقص شيء منه. واما اذا دخلت اسطوانة منحنية من الرصاص في انبوبة منحنية كما في الشكل ٦٧ ثم ادخل مدك في الاسطوانة وحركته قوة عند و فيذهب نحو هذا في جهة السهم ولا يصل منه الى ف الا القليل هذا في الجامد واما في السائل فاذا املئت الانبوبة المنحنية ماء ونزعت اسطوانة الرصاص منها وحركت القوة المدك عند و ففعلها يتصل الى ف بدون ان ينقص شيء منه.



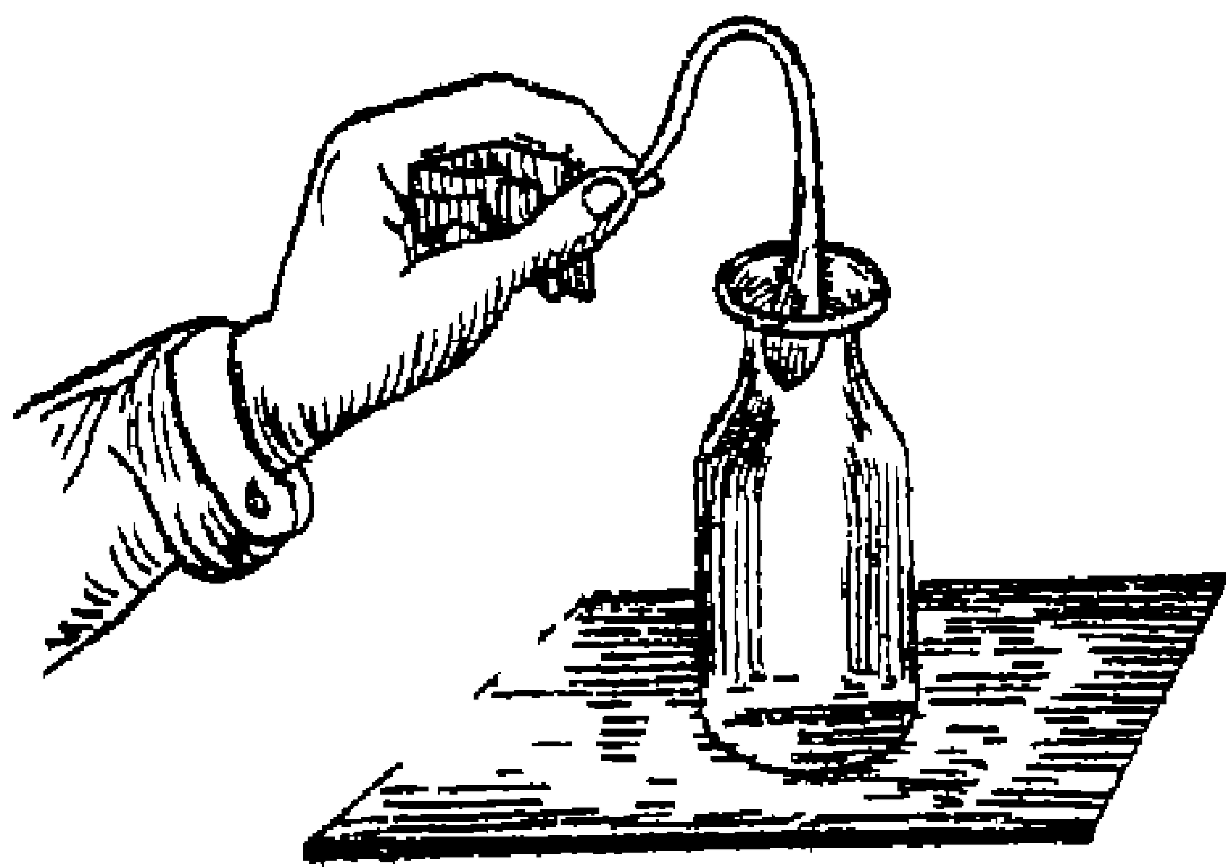
الشكل ٦٦



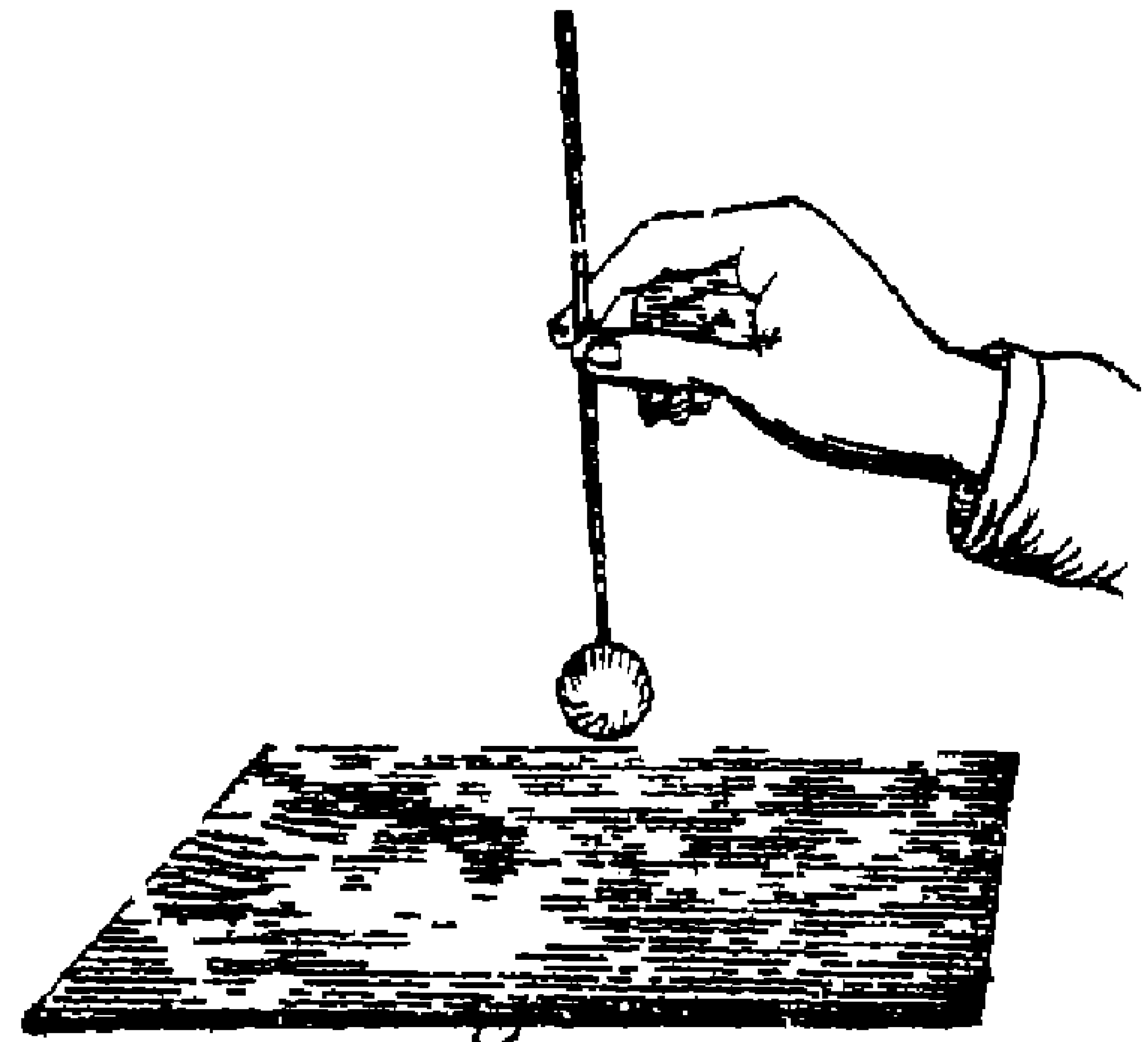
الشكل ٦٧

ان البكرة وخيوطها والمخل وغيرهما من الآلات الميكانيكية يفقد فيها نحو نصف القوة بسبب الاحتكاك واما السائلات فلا ينقص فيها ما يشعر به من القوة ويتبين ذلك جليا مما اذا اخذنا زجاجة ذات بلبوس وانبوبة (الشكل ٦٨) وملأناها ماء كما يملأ الترمومتر على ما سيجيء ثم انزلناها من بين الاصابع بحيث يضرب بلبوسها الارض ولا تنكسر فانه يمكن ان تدق حينئذ بقوة عظيمة على سطح مستو و

لانكسر لان الزجاج يوصل اثر الدق الى الماء الذي فيه والماء لا ينضغط الا قليلا فمهما قويت الدمة على الزجاج تناولها الماء عنه ووقاه من الكسر وربما جعله صلبا كالحديد. ويتبين ذلك ايضا مما اذا وضعت نقطة روبرت (عد ٣٣) في قنينة ماء (الشكل ٦٩) ثم



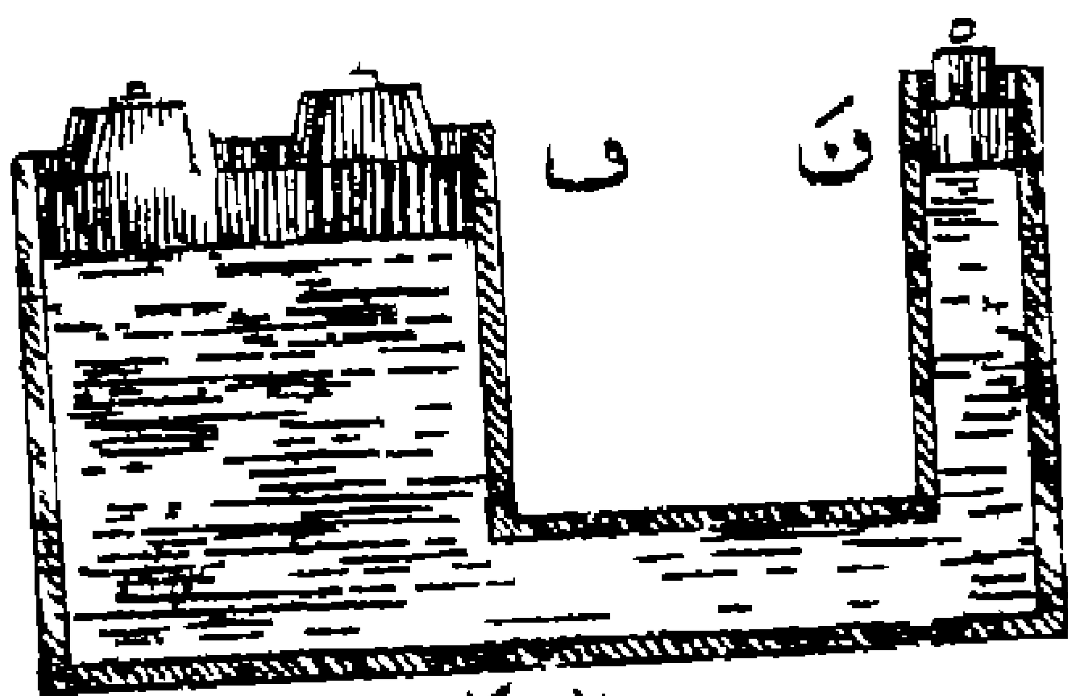
الشكل ٦٩



الشكل ٦٨

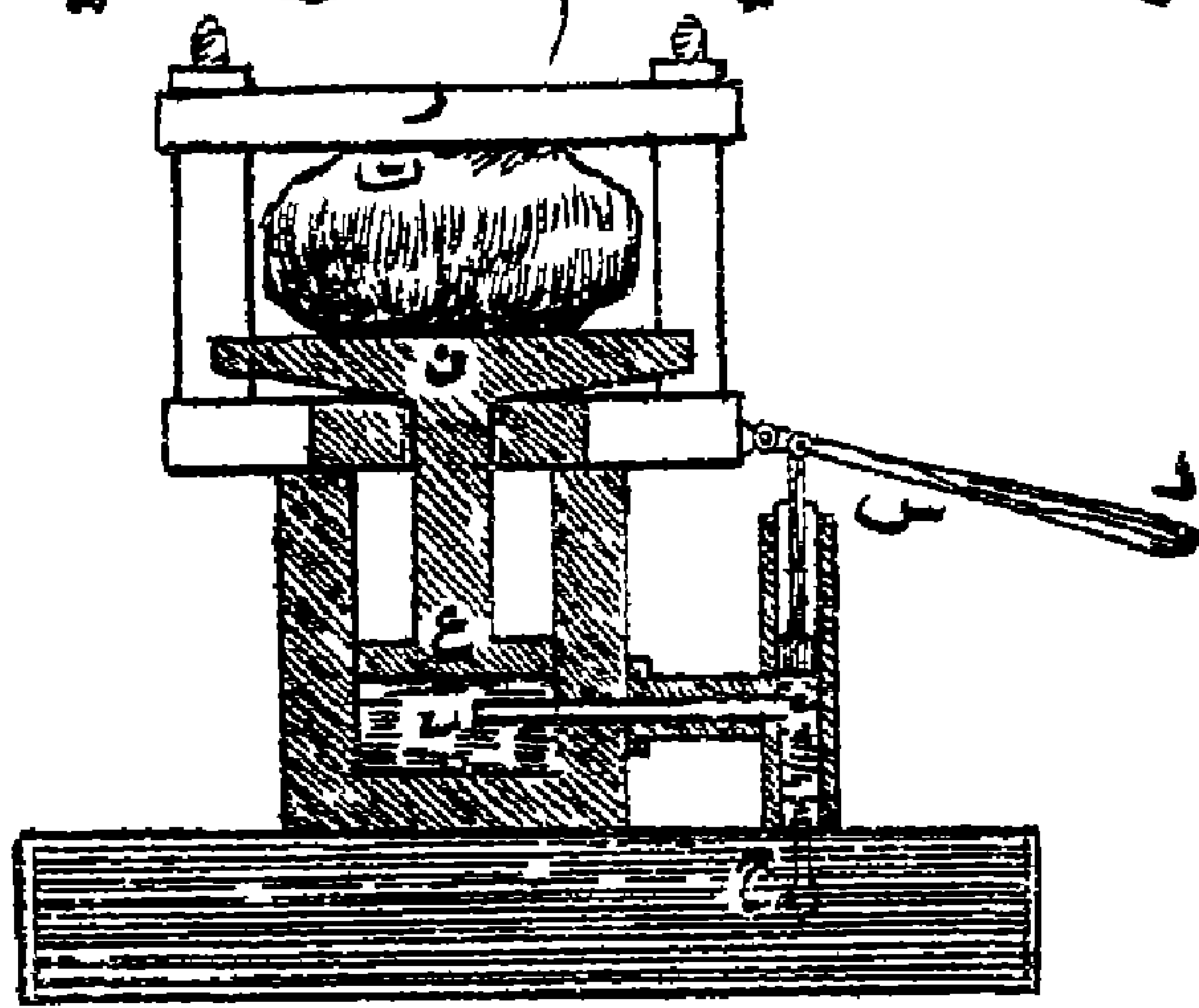
كسر جزء صغير من ذنبها فانها تتطاير كما سبق وتنتقل القوة التي تكسرها بين دقائق الماء حتى تصل الى كل اجزاء القنينة فتكسرها حالا.

(١١٧) الماء قوة ميكانيكية. خذ اسطوانتين احداهما ثخينة ف في الشكل ٧٠ والاخرى دقيقة ق وصل بينهما بانبوبة من الاسفل كما ترى وادخل في كل منهما مدكا. ولتكن مساحة ق قيراطين ومساحة ف ١٠٠ قيراط. فبحسب ناموس باسكال (عد ١١٥) اذا ضغطت قوة اوقية نازلا قيراطا مربعا من ق انضغط كل قيراط مربع من الانبوبة ف بقوة اوقية صاعدا ولذلك اذا ضغطت قوة رطلين مدك الاسطوانة ق رفعت ثقل ١٠٠ رطل على المدك ف. وكلما قل ثخن ق وزاد ثخن ف ازداد الثقل الذي يرتفع بقوة مفروضة حتى انه يمكن لبنت صغيرة ان ترفع بثقل كفها بارجة كبيرة. ولذلك سموا الماء القوة الشاقة من القوات الميكانيكية.



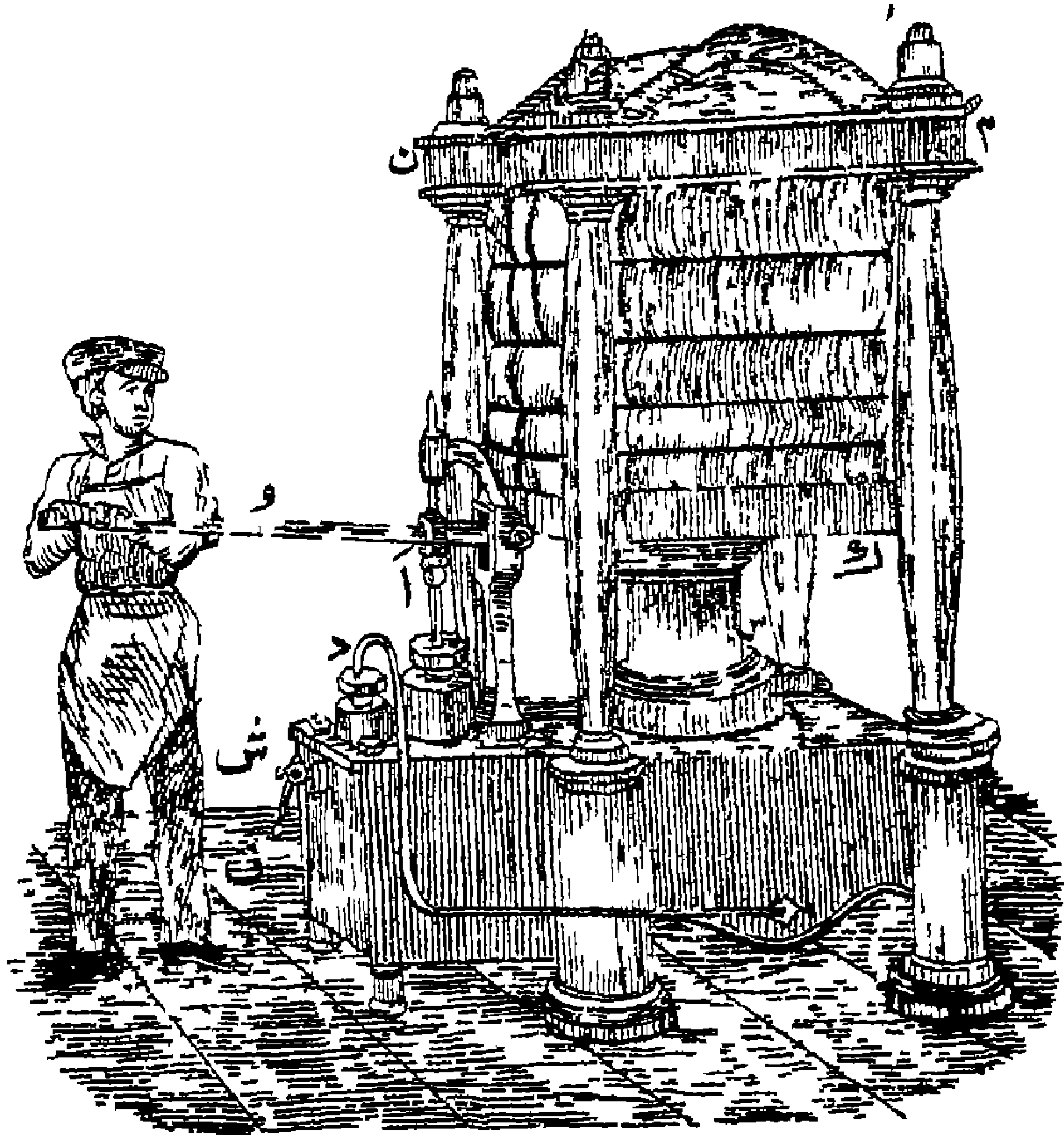
الشكل ٧٠

(٩١) المكبس المائي * المكبس المائي آلة عظيمة الضغط مبنية على ناموس باسكال وهذا مقطعها طولاً (الشكل ١٧) فالحرف ا انبوبة و ر مدك مدخل فيها ادخالاً محكماً ومتصل باليد د و ح مصراع ينفتح عند ارتفاع المدك في الانبوبة وينطبق عند انزاله فيها. وتحت هذا المصراع حوض ماء . فاذا رفعت اليد د يرتفع المدك في الانبوبة وينفتح المصراع ح فيدخل الماء منه اليها . ثم اذا انزلت اليد ينزل المدك



الشكل ١٧

في الانبوبة وينطبق المصراع ح على الماء فيجري من تحت المدك الى ك و يستقر تحت المدك الكبير ع ف . ويكرر العمل على ما تقدم حتى يعلو الماء في ك تحت المدك الكبير ويرفعه فيرتفع نحو العارضة ر و يضغط الثقل ت الذي بينه وبينها. فاذا كان هذا الثقل ورقاً كُبِس او زيتوناً او بزر كتان او غيرهما عصراً او صوفاً تلبّد وهلمّ جرّاً. وهذه صورة الآلة كاملة (الشكل ١٨) وقد قبض رجل بيدها فاذا شدّها الى الاعلى ارتفع المدك ا في الانبوبة ا ثم اذا انزلها انطبق المصراع الذي في اسفل ا وجرى الماء الى الاسطوانة د و ساد منها في الانبوبة ا الى الحوض تحت المدك الكبير س ويجمع هناك حتى يرفع س فيرتفع هو وافعا العارضة ك و يضغط الاثقال بين ك والعارضة العليا م ن .



الشكل ٦٢

وتكون قوة ضغطه كما يأتى : اذا كانت مساحة المدك ا قيراطاً ومساحة س ١٠٠ قيراط فقوة ١٠٠ رطل ترفع ١٠٠٠٠ رطل من الثقل . هذا اذا قطعنا النظر عن اليد واما اذا حسبت اليد ايضاً فيزيد الضغط جداً لانها محل من النوع الثانى . فان كان بعد مقبض الرجل (من اليد) عن الدارك ١٠ اضعاف بعد المدك عنه وحرك اليد بقوة ١٠٠ رطل تصير قوة ١٠٠٠ رطل على المدك ا وقوة ١٠٠٠٠٠ رطل على المدك الكبير س ١٠٠ اى ان القنطار الواحد يرفع مائة الف قنطار والا انه بحسب ناموس الميكانيكيات يكون ق × ق د = ث × ث د فما نكسبه من القوة بهذه الآلة نخسره فى الوقت كما فى باقى القوات الميكانيكية . ولذلك لا يرتفع الثقل الا ١/١٠٠٠٠٠ من المسافة التى تنتقل فيها اليد . وقد اخترع هذه الآلة رجل يقال له براما سنة ١٧٩٦ وهى كبيرة النفع فى كل ما يلزم له قوة عظيمة ككبس الورق والقش . وعصر الشمندر والتفاح والزيتون . وجذر السفن الى المياه . وامتحان متانة المدافع وخلاقين البخار والزنابيلا

وما اشبه . قيل ان المكابس التي استعملت في رفع الانابيب في جسر بريطانيا كان كلٌّ منها يرفع ٢١٣٧٦٠٠ اقّة وذلك لو استعمل في رفع الماء في الفراغ لرفعه الى علوّ ستة اميال تقريبًا.

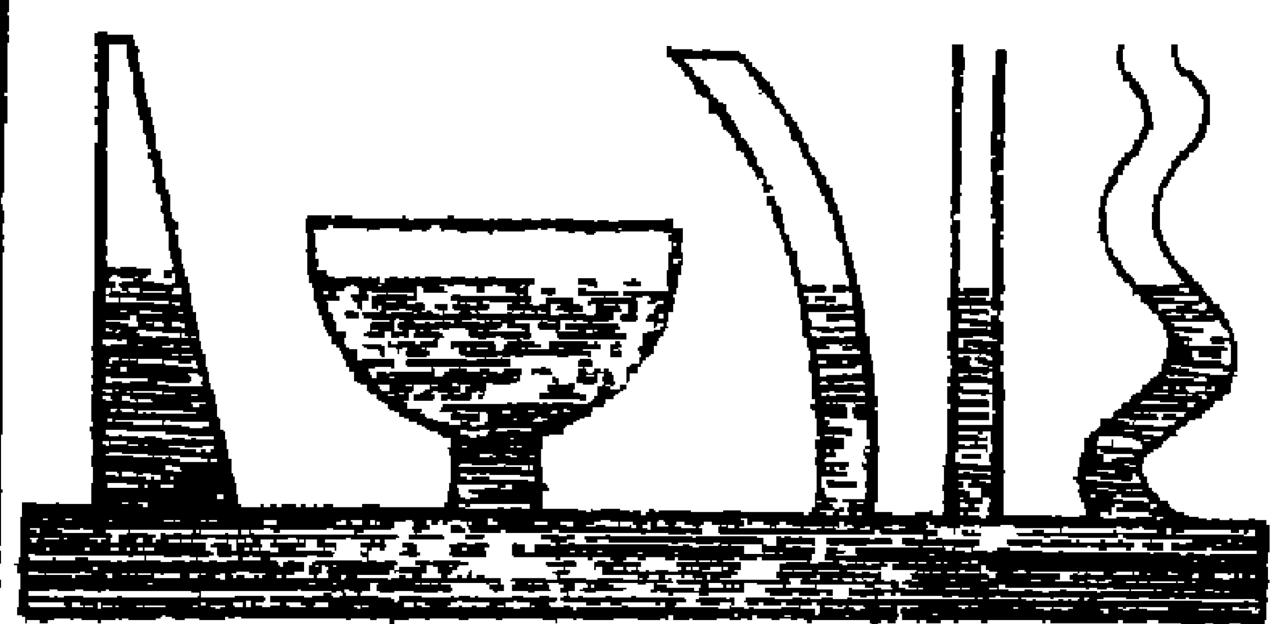
(١١٩) ضغط السائلات بجاذبية الثقل * كان كلامنا فيما تقدَّم مقصورًا على ضغط السائلات من الاجسام الخارجة عنها واما الآن فيكون كلامنا في الضغط الذي يحصل لها من ثقلها هي: لا يخفى ان اسافل الماء تحمل ثقل اعاليه فكل نقطة من الماء الساكن واقعة تحت ضغط عمود من النقط التي عليها وهي ايضا تضغط الى كل الجهات بنفس القوة الضاغطة لها والا تزيح من مكانها فيضطرب الماء ولا يسكن حتى يتساوى الضغط بين نقطه . وعلى ذلك قررت النواميس الآتية .

(١٢٠) اولًا كل سائل ساكن يضغط الاسفل والاعلى والجوانب بقوة واحدة وبيانه اذا غطت انابيب مختلفة الاشكال (الشكل ٣٠) في الماء صعد الماء فيها كلها على السواء الى مساواة سطحه الاصلي ويكون صعوده في الاولى بضغطه الى الاعلى وفي الثانية الى الاسفل وفي الثالثة بضغطه جانبًا وفي الرابعة بضغطه الى الجهات الثلاث المذكورة معًا.

الشكل ٣٠

(١٢١) ثانياً . الضغط يزيد بالعمق :. فالضغط على عمق قدم يساوي ثقل قدم مكعبة من الماء اعني ٦٢½ ليبرا (٣٢٨٥ من الليبرا تساوي رطلاً) وعلى عمق قدمين مضاعف ذلك وهلم جرا[١] هذا في الماء العذب واما في الماء الملح فيزيد فان ثقل القدم المكعبة منه ٦٤٣٢ من الليبرا . ويظهر تاثير هذا الضغط اذا اخذنا زجاجة فارغة مربعة الشكل وسددناها سداً محكماً ثم غطسناها في الماء فانها تنكسر قبلما تبلغ عشر باعات من العمق لعظم الضغط عليها . ويقال ان الحوت الكرينلندي يغوص في الماء احيانا الى عمق ميل فيصعد معيي يبق دماً من عظم ضغط الماء له . واذا غرقت سفينة يدخل الماء بين مسامها لعظم ضغطه لها فتثقل وتغوص في قرار البحر

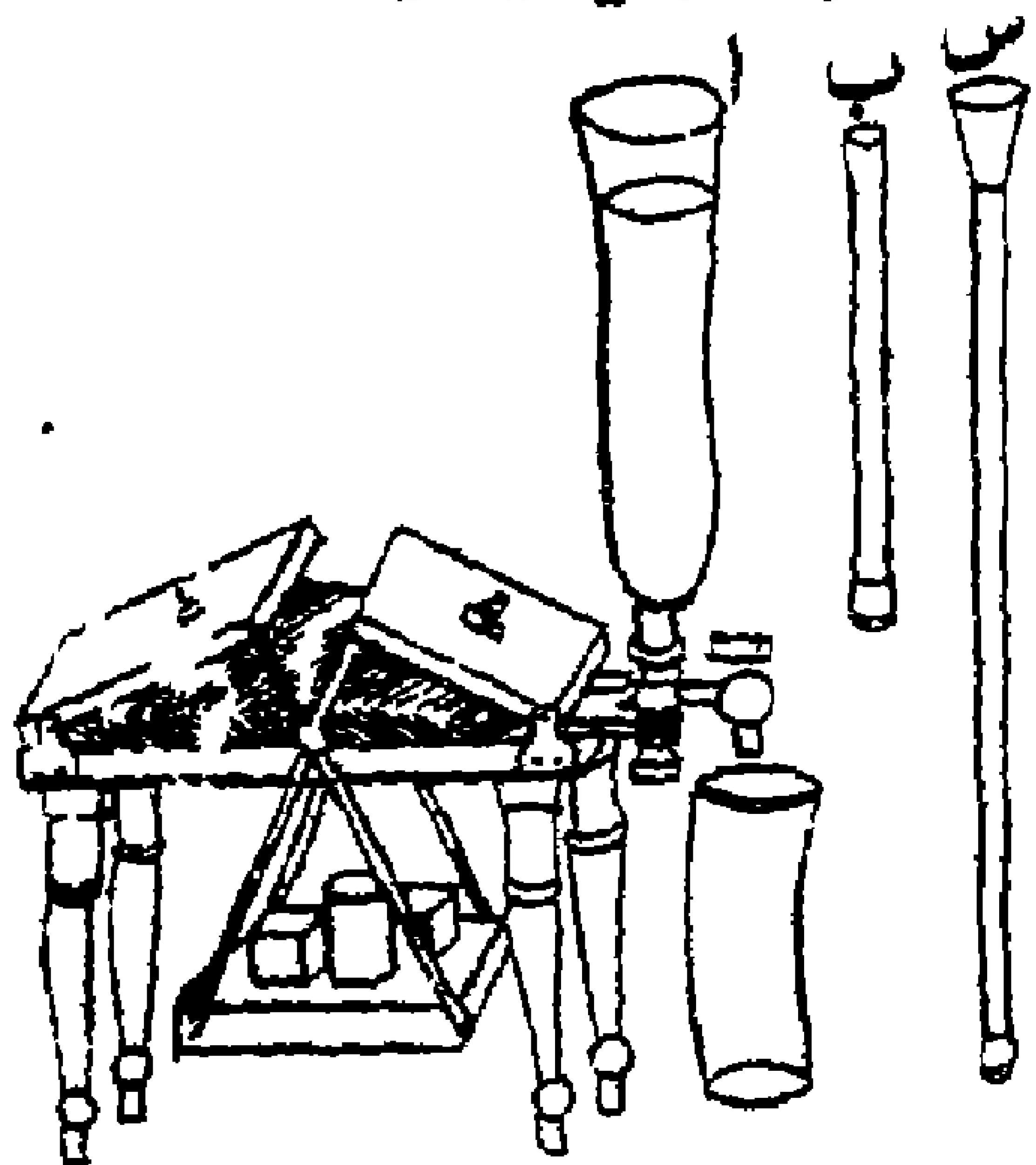
(١٢٢) ثالثاً . ان الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء ولا على حجمه فاذا اخذنا آنية مختلفة الاشكال وركبنا ها بعضها مع بعض بحيث يكون بينها اتصال كما ترى في الشكل ٤٧ فالماء يصعد فيها كلها على التساوي مهما اختلف شكلها وتباين حجمها . وكلما زيد الماء في واحد منها صعد في الكل على التساوي


الشكل ٤٧

(وعلى هذا الناموس صنع المنفاخ المائي وهو اشكال منها الشكل ٤٥ وهو مؤلف من خشبتين متصلتين من حافتيهما بكرسي بواسطة مفصلات وتحتهما زق من الجلد

(١) على عمق	ليبرات في القدم المربعة	وعلى عمق	ليبرات في القدم المربعة
١ قدم	٦٢٫٥	١٠٠ قدم	٦٢٥٠
١٠ اقدام	٦٢٥٫٠	١ ميل	٣٣٠٠٠٠
١٦ قدماً	١٠٠٠٫٠	٥ اميال	١٦٥٠٠٠٠

متصل بالانبوبة ا. وتتصل بالخشبتين خشبة ثالثة تحت الكرسي بقضبان بينهما و توضع على هذه الخشبة اثقال. ثم يصبّ الماء من الانبوبة ا حتى تمتلي هي والزق المتصل بها فينتفخ ويرفع الخشبتين اللتين عليه وهما ترفعان الخشبة التي تحت الكرسي بما عليها من الاثقال ولو كانت هذه الاثقال اعظم كثيرا من ثقل الماء في الانبوبة. ولا فرق في الانبوبة سواء كانت غليظة ام دقيقة بشرط ان يكون طولها واحدا.

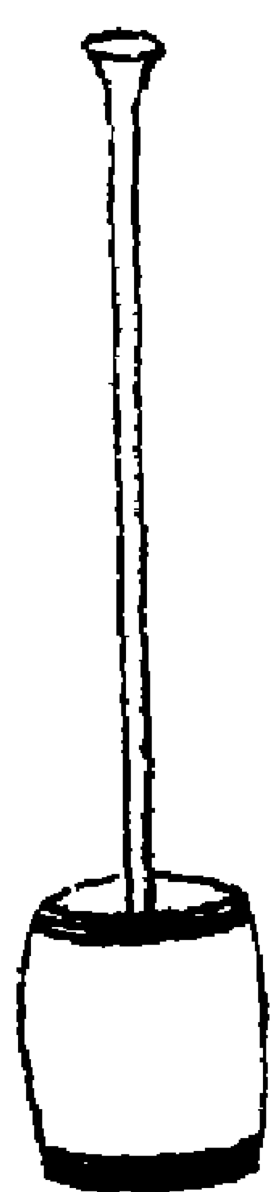


فاذا اصبّ الماء في الانبوبة ب عوضا عن ا يرفع الاثقال الضغط كما رفعها اولا. واما اذا صبّ في س فيرفعها اكثر من ذلك كثيرا لان س اطول من ا و ب.

ومما تتضح به صحة هذا الناموس ايضا انا اذا ادخلنا انبوبة طولها ٣٠ او ٤٠ قدما في برميل (الشكل ٤٦) وملأناها ماء الى راسها

الشكل ٤٥

ينشق البرميل ويجري الماء منه لان ضغط الماء له يساوي ضغطه لبرميل ملآن طوله ثلاثون او اربعون قدما. اذ الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء. فسواء كانت الانبوبة دقيقة او ثخينة كالبرميل يكون الضغط فيها واحدا

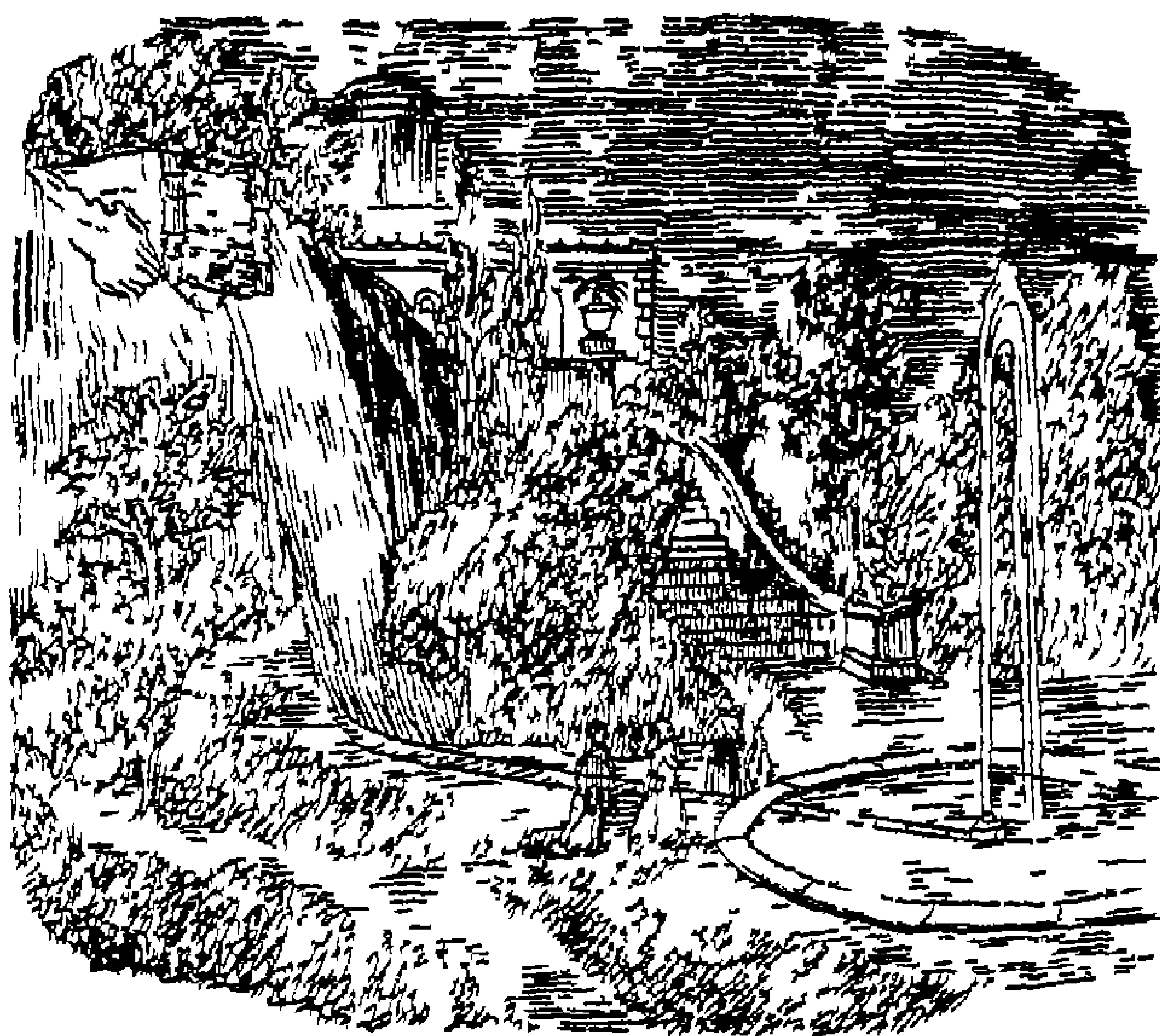


وعلى ذلك قد يفعل الضغط في الطبيعة افعالا عظيمة فاذا وقع المطر على راس جبل ثم تخلل اتربته ونفذ الى داخله ولم يجد مصرفا منه تجمع داخله وازداد ضغطه حتى يفلق الجبل فتنشق صخوره وربما اندك الى اصوله.

(١٢٣) رابعا. الماء يطلب المساواة. ونعني بذلك ان سطحه يكون دائما على استواء واحد اذا لم يمنعه مانع. ويظهر ذلك في العيون والماء المجرور من الحياض

الشكل ٤٦

المرتفعة الى المدن فانه يرتفع حيثما يتيسر له حتى يكاد يبلغ مساواة مقره



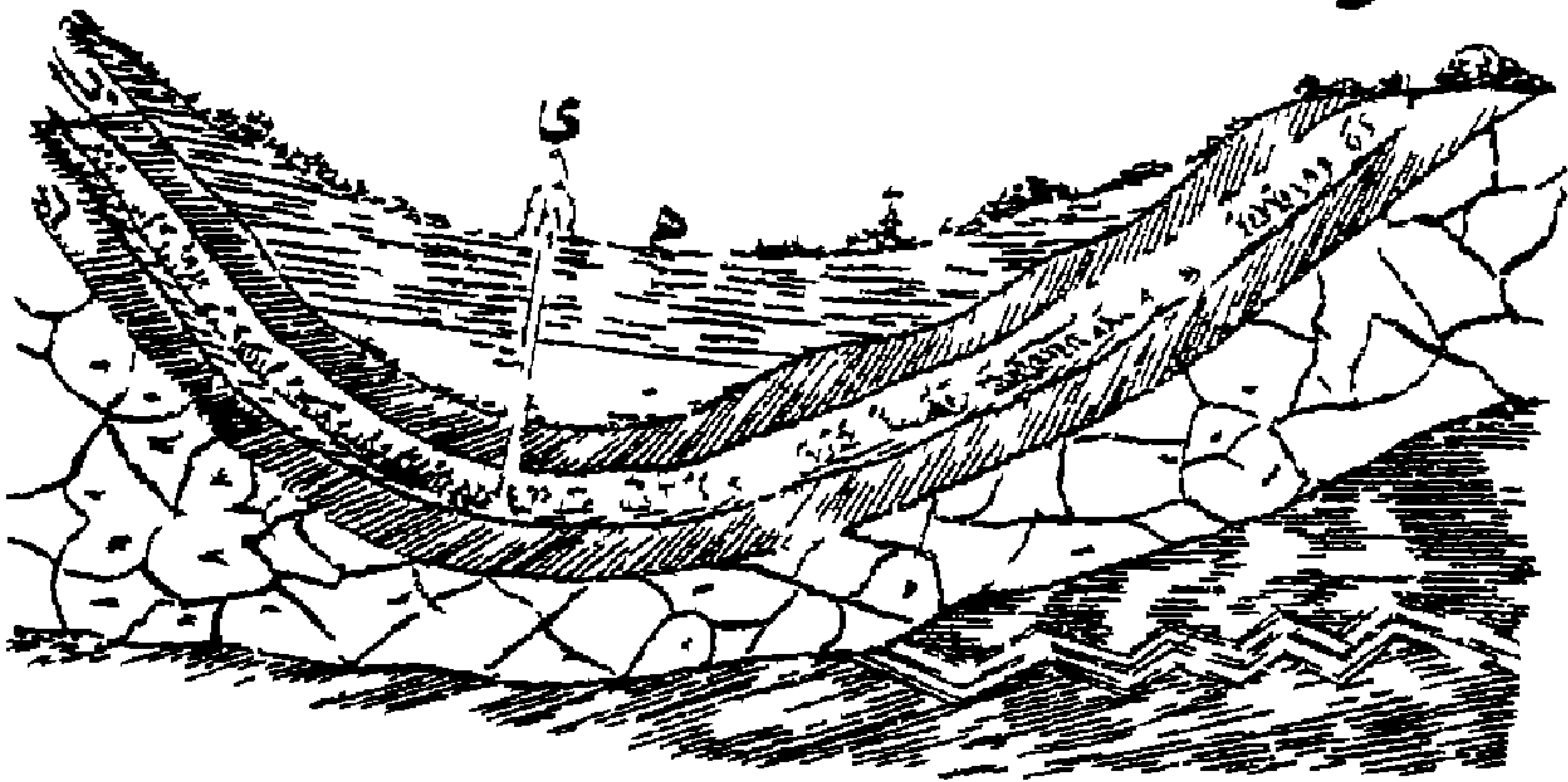
الشكل ٤٧

ترى صورة الحوض على راس تل عن اليسار وقد جرى الماء منه في انابيب تحت الارض الى النوفرة حيث صعد حتى صار على مساواة سطح الماء في الحوض الا قليلا. والسبب في عدم بلوغه سطح الماء في الحوض تماما هو ان الاحتكاك يصده وهو واثب من فم النوفرة فيتقهقر زخمه والهواء يقاومه ونقطه العالية تقع على النقط الواطئة فيقل ارتفاعه بذلك .

قيل ان الرومانيين كانوا يجهلون هذا الناموس لانهم كانوا اذا ارادوا جرّ الماء من مكان الى آخر يصنعون له اقنية من الحجر طول بعضها مائة ميل يبنون لها القناطر العالية ليجروها فوق الاودية او يخرقون لها الجبال كما في القناطر المعروفة بقناطر زبيدة على نهر بيروت والسرداب الذي بجانبها . وذلك يقتضي نفقة ومشقة لا يحتملها من يعرف هذا الناموس بل يمد الاقنية الى اسافل الاودية وقمم الجبال كما يفعل مهندسو هذه الايام . وربما علم المتقدمون هذا الناموس ولكنهم جهلوا عمل الانابيب المتينة التي تحتمل ضغط الماء ولا تنشق فاضطروا

الى فعل ما فعلوا .

وعلى هذا الناموس يتجمع الماء فى الينابيع والآبار . فان جاذبية الثقل تحدر ماء المطر من الاماكن المرتفعة الى اماكن اوطأ منها فيجرى بعضه فى الانهار والجداول ويصب فى البحر ويغور البعض الآخر فى الارض متشعبا فى باطنها كما يتشعب على سطحها فاذا حفرت الارض عند هذه الشعب صعد الماء منها الى البئر او العين كما يصعد فى النوفرة .



الشكل ٧٨

(١٢٤) الآبار الارتوازية . الآبار الارتوازية ثقوب فى الارض تثقبها آلة شبيهة باللولب قطرها قيراطان او ثلثة حتى تصل الى نبع . وسميت ارتوازية نسبة الى ولاية ارتوا حيث حفرت منذ زمان ولكنها كانت معروفة عند المصريين والصينيين قبل ذلك بزمان طويل . ثم لا يخفى ان تربة الارض اما متخلخلة كالرمل والحصى فينفذها الماء . واما متماسكة كالدلغان فلا ينفذها الماء فلنفرض اب وس د فى الشكل ٧٨ طبقتين منحنيتين من الاتربة الدلغانية وذلك بينهما طبقة من الرمل والحصى ونحوها فبعد ما يقع المطر على قمم الجبال يتخلل الارض ويتجمع فى حضيض الطبقة الغائرة من د . فاذا حفرت بير عند هـ فلا تبلغ الطبقة المتخلخلة حتى يثب الماء صاعدا فيها الى مساواة مصدره وكثيرا ما يثب من الارض كالنوفرة لعظم الضغط على سطحه من الجانبين . ومن اشهر هذه الآبار بير فى كرانل قرب باريس عمقها ١٨٠٠ قدم ونيف وهى محفورة فى غور طبقة من الطباشير تمتد اميالا كثيرة من باريس ونصب

...... اجالون من الماء يوميًّا. ومنها في شيكاغو بالولايات المتحدة ما عمقه ٧٠٠ قدم ويصب ٥٠٠٠٠ اجالون من الماء البارد يوميا. ومنها بئر حفرت حديثًا في مدينة پست بالمجر عمقها ٣٠٧٦ قدم وهي اعمق بئر في الارض وكانت تصب ٥٠٠٠٠٠ اجالون من الماء الحار يوميًّا لما كان عمقها ٣١٣٠ قدمًا فقط. وقد حفروا آبارًا منها في صحراء افريقية واخرجوا ماء وغرسوا غيطانًا من النخل وحدائق وبساتين ولم يزالوا الى اليوم يوغلون في الصحراء ويستخرجون ماء من حيث لا يؤمل الماء

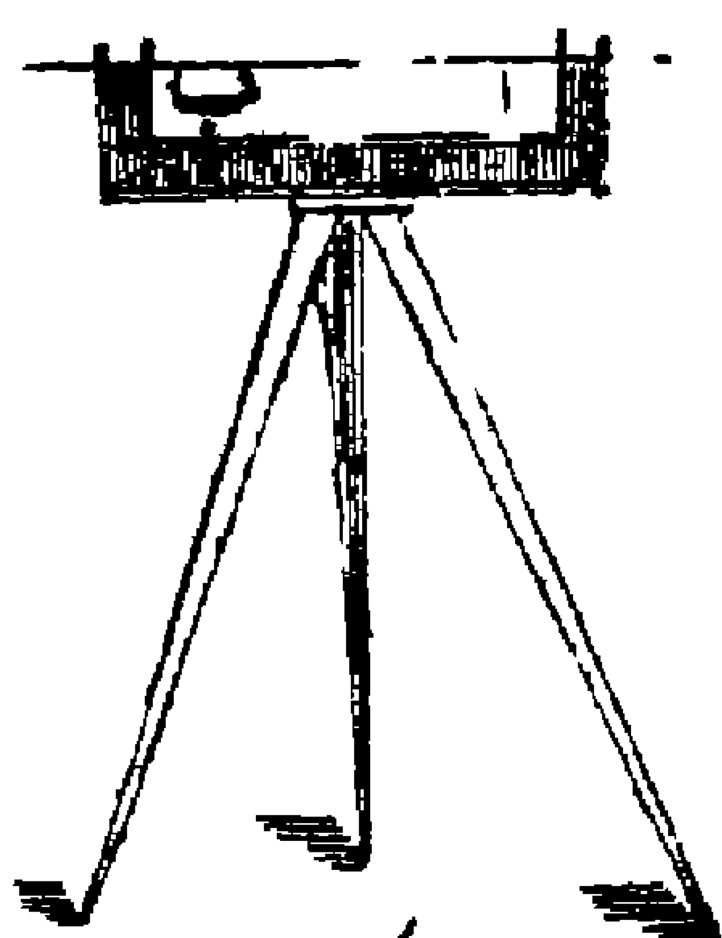
(١٢٥) قاعدتان لحساب الضغط - القاعدة الاولى لمعرفة الضغط على قعر الوعاء. وهي اضرب مساحة قاعدة الوعاء في ارتفاعه العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من السيال الذي فيه فلك ضغطه على القعر + والثانية لمعرفة الضغط لجانب الوعاء وهي. اضرب مساحة الجانب في نصف ارتفاعه العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من السيال الذي في الوعاء فلك ضغطه لذلك الجانب ويتحصل مما تقدم ان ضغط الماء لقعر وعاء مكعب الشكل يساوي ثقله وضغطه لكل جانب من جوانبه يساوي نصف ثقله. فضغطه لجوانبه الاربعة مضاعف ثقله وكل ضغطه للقعر والجوانب الاربعة ثلاثة اضعاف ثقله

(١٢٦) القانون المائي - سطح الماء الساكن مستوٍ اي انه اذا



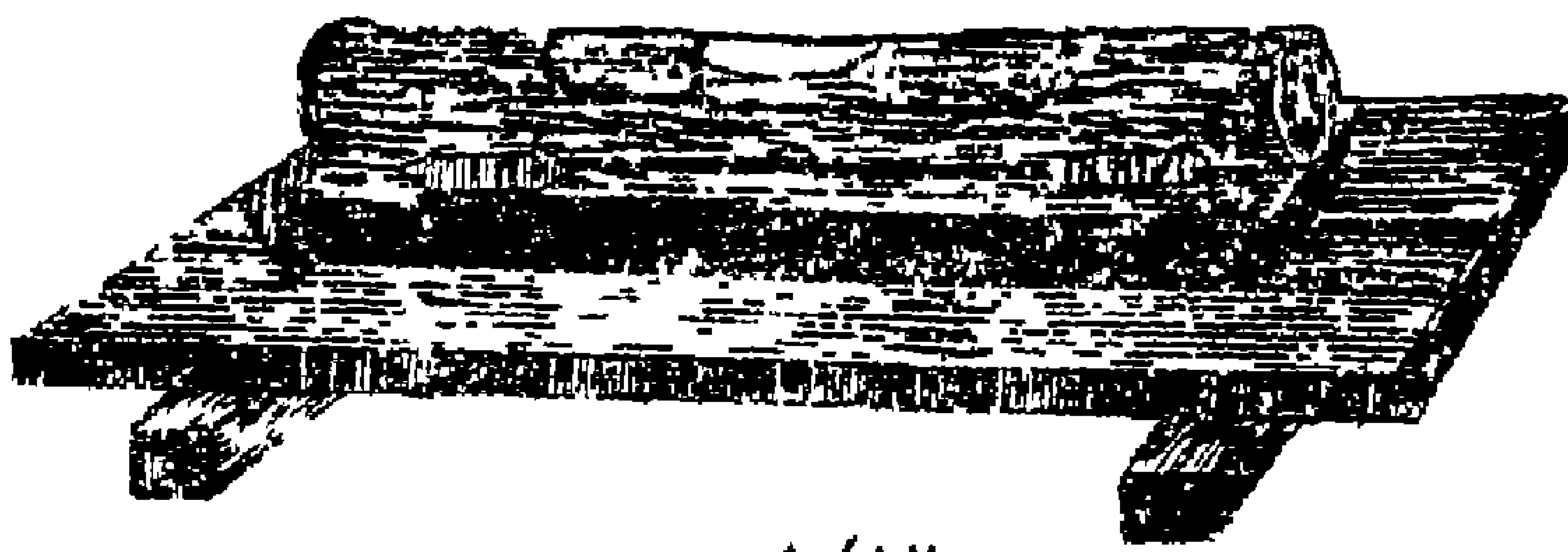
الشكل ٤٩

عُلّق حجر بخيط ودُلي اليه يقع عموديًا عليه. ولكنه لا يُحسب مستويًا الا اذا كان في بقعٍ صغيرة فاذا اشغل بقعًا متسعة كماء البحر والبحيرات العظيمة (الشكل ۷۹) تحدّب كتحدّب سطح الارض لان سطح الارض كروي والماء يوافقه في التحدّب لسهولة حركة دقائقه بعضها على بعض وجذب به بجاذبية الثقل نحو مركز الارض ومقدار هذا التحدّب ۸ قراريط في ميل واحد و$۲^۲ \times ۸ = ۳۲$ قيراطًا في ميلين و$۳^۲ \times ۸ = ۷۲$ في ثلاثة اميال و$۴^۲ \times ۸ = ۱۲۸$ قيراطًا في اربعة اميال وهلم جرًّا بترقية عدد الاميال الى القوة المالية وضرب بعد ذلك في ۸ كما يبرهن في الهندسة



الشكل ۸۰

والفادن المائي انبوبة معدنية ذات طرفين ملتويين في كل منهما انبوبة من الزجاج. وهو كثير الاستعمال في فتح طرق العربات والسكك الحديدية والترع ونحوها لمعرفة ارتفاع مكان عن آخر. وذلك بان توضع الانبوبة المذكورة على قرصٍ مستوٍ له ثلاث قوائم (الشكل ۸۰) ويُصبُّ الماء فيها حتى يرتفع الى جانبيها ويسكن فيهما على استواء واحد. ثم ينظر رجل من عند مساواة الماء في الجانبين الى بقعة في علم عمودي يحمله رجل آخر قبالته ويعيّن ارتفاع المكان الواقف عليه صاحب العلم. ثم ينتقل صاحب العلم الى المكان الآخر ويرفع العلم او يوطئه حتى تقع تلك البقعة تحت نظر صاحب الفادن ويعيّن ارتفاع المكان الثاني فيُعرف الفرق بينه وبين ارتفاع الاول



الشكل ٨١

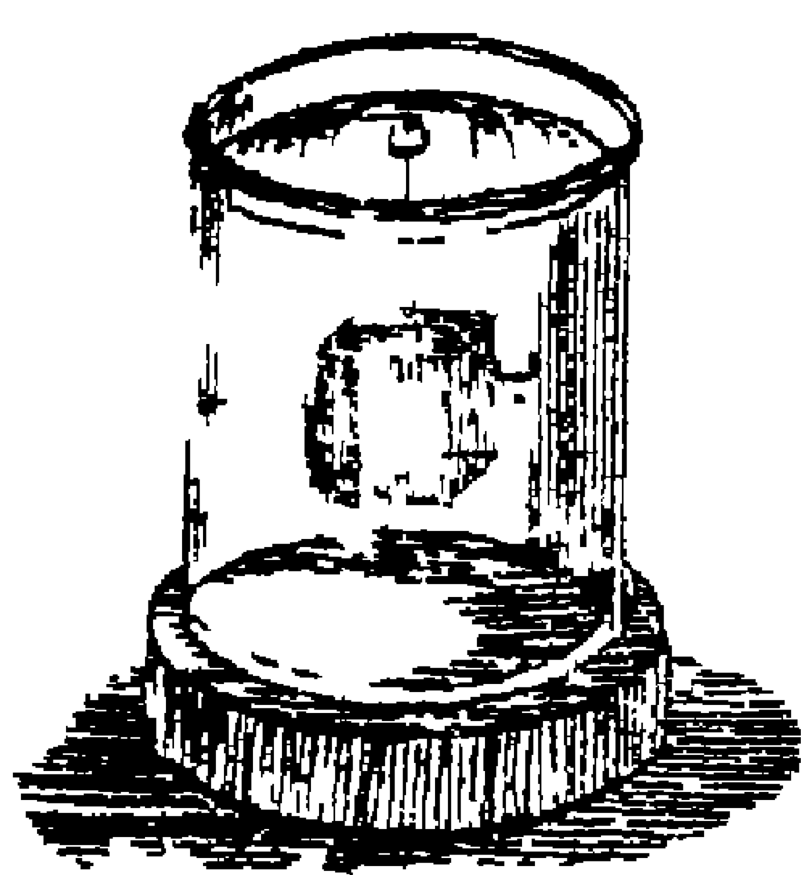
(١٢٧) القادن الكحولى — هو عبارة عن انبوبة من الزجاج قليلة التحدب جدًّا تملأ كحولًا الا بقعة صغيرة منها نشغلها فاقعة من الهواء وتوضع فى علبة من الخشب او غيره (الشكل ٨١) فاذا كان السطح الذى يوضع عليه هذا القادن مستويًا ثبتت الفاقعة فى وسط الانبوبة والَّا مالت الى المحلّ المرتفع منه فيعرف منها استواء ذلك السطح او عدم استوائه . وهذا القادن ادقّ من القادن المائى فى دلالته وضبطه ويستعمل عند النجّارين والبنّائين والمهندسين ولا سيما عند علماء الفلك فى ضبط الآلات الفلكيّة

(١٢٨) الثقل النوعى هو ثقل جسم بالنظر الى ثقل جسم آخر من حجمه ولكن من غير مادّته . فلو كانت كل الاجسام من ثقل واحد لكان ثقلها النوعى واحدًا ولكنها متفاوتة فى الثقل ولو كانت متساوية فى الحجم . فالذهب مثلًا اثقل من الخشب والفضة من الصوف لانهما اكثف من الخشب والصوف فيكون الثقل النوعى مجرّد معرفة كثافة الاجسام . ولما كان الثقل النوعى لجسم لا يُعرف الَّا من مقابلته بجسم آخر اتفقوا الاسباب شتى على جعل الماء المقطّر (١) قياسًا للجوامد والسوائل والهواء قياسًا للغازات . فاذا

(١) ان قيراطًا مكعبًا من الماء المقطر يزن ٢٥٢٫٤٥٦ من المقمحة على ٦٢ فارنهيت من الحرارة و٣٠ قيراطًا من البارومتر

تلك ان القيراط المكعب من التونيا يزن سبعة امثال ما يزن القيراط المكعب من الماء كان ثقل التونيا النوعي سبعة وثقل الماء النوعي واحدًا. وكذلك اذا كان القيراط المكعب من الحامض الكربونيك يزن ۱٫۵۲ مما يزن القيراط المكعب من الهواء فثقله النوعي ۱٫۵۲ وثقل الهواء النوعي ۱ و بحسب الثقل النوعي للماء و للهواء واحدًا ابدًا. ويُستعلم الثقل النوعي للجوامد و السوائل بطرق ثلاث نذكرها بعد الكلام على قوة السوائل على حمل الاجسام

(۱۲۹) قوة السوائل على حمل الاجسام يتضح المراد بذلك من النظر الى الشكل ۸۲ حيث ترى الجسم المكعب الشكل اب س د المفروض ثقله النوعي كالماء مغطسًا فيه فالضغط على جانبه يساوي الضغط على ب لان كلا الجانبين على عمق واحد ولذلك لا يميل المكعب نحو جانب من الوعاء اكثر من ميله نحو الجانب الآخر

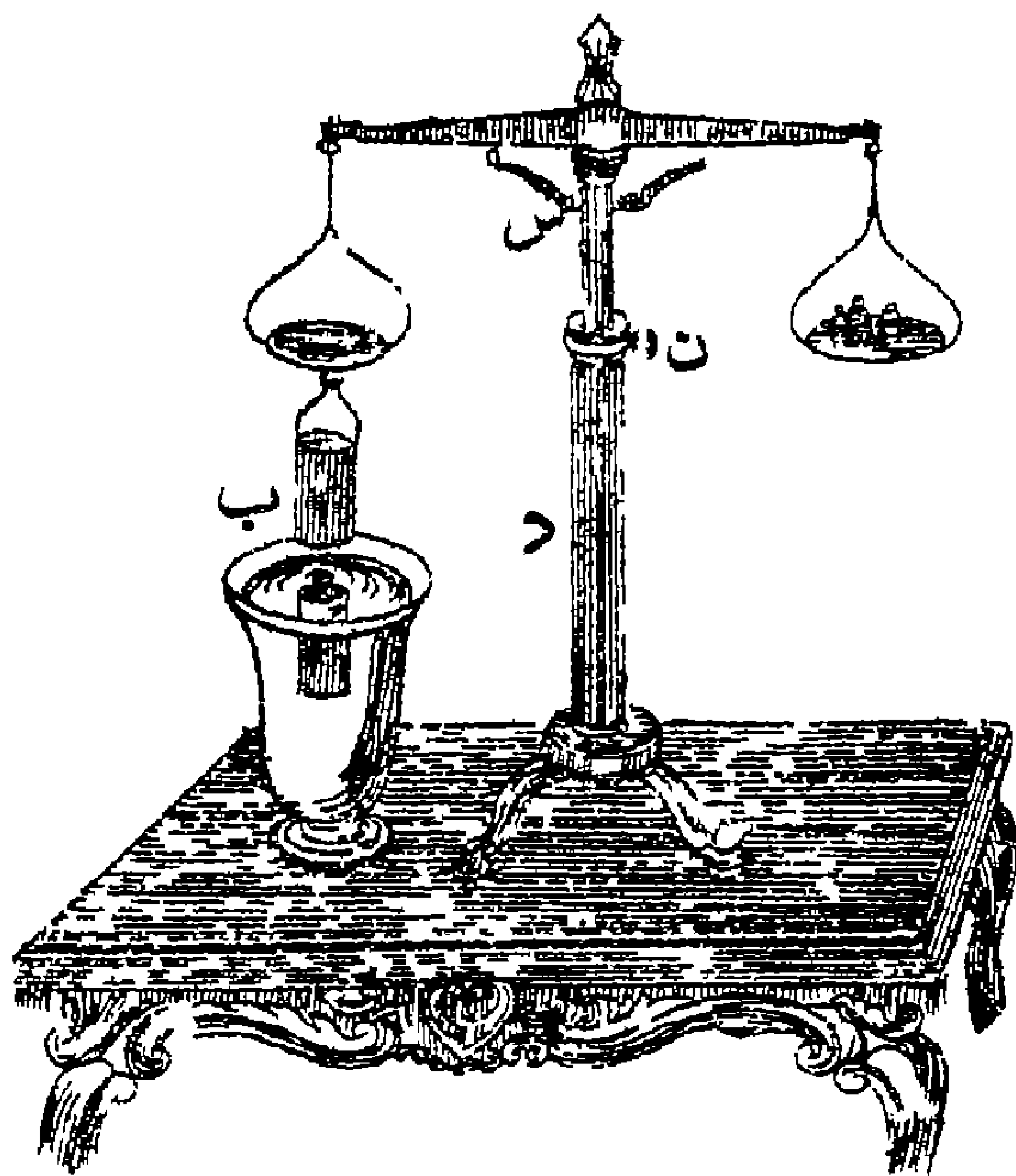


الشكل ۸۲

واما الضغط على قاعدته س فاعظم من الضغط على د لان س اعمق من د فالضغط على س يرفعه والضغط على د يغرّقه ولكن قوّة الرفع اعظم من قوّة التغريق فيرتفع المكعّب بحمل الماء له و يطلب ان يطفو على وجهه

(۱۳۰) ناموس قوّة الحمل اكتشف ناموسها الفيلسوف ارخميدس وهو هذا: ان قوّة السائل على حمل جسمٍ تساوي ثقل ما يحلّ الجسم محلّه من ذلك السائل. فضغط الماء للسطح

(الشكل ٨٢) الذى به يغرق المكعب يساوى ثقل عمود من الماء مساحة دائرته مثل ا على المكعب وعلوّه بقدر د ن وضغط الماء للسطح س الذى به يرتفع الجسم يساوى ثقل عمود من الماء مساحة دائرته مثل مساحة العمود الاوّل واما علوّه فبقدر س ن فقط والفرق بين س ن ود ن هو قوة الماء على حمل المكعب فتكون هذه القوة مساوية لكمّية من الماء على قدر المكعب طبقا للناموس المتقدّم ذكره



الشكل ٨٣

ويتضح ذلك مما يعرف بالميزان الهيدروستاتيك (الشكل ٨٣) بأن يعلّق باحدى كفتيه وعاء اسطوانى الشكل ب يسع جسما آخر من شكله او يعلّق ا بالوعاء ب حتى يتدلّى فى وعاء فارغ من الزجاج ويعيّر ذلك بعيارات توضع فى الكفة الاخرى من الميزان كما ترى. ثم يصب ماء فى وعاء

الزجاج فيحمل الماءُ الجسمَ بقوّته على الحمل فينقص وزن هذه الكفّة عن وزن التى فيها العيارات فترجح هذه وترتفع تلك (١)

هذا وكل من يتحرك فى الماء يعلم ان جسده يخفّ والحركة تسهل عليه فيمشى على الصخور الكثيرة النخاريب ولا تُخدَش قدماه ولو مشى عليها خارج الماء لتهشمت تهشمًا. وما ذلك الّا لانه يخف عند نزوله فى الماء بقدر ثقل الماء الذى حلّ هو محله واما فى الهواء فيكون ثقله عظيمًا فتثقل وطأته

(١٣١) السباحة — السمك يعوم فى الماء لوجود زقّ ممتلئ هواء تحت فقراته ينضغط ويتمدّد بارادة السمكة فاذا اضغطته نصغر ثقلت وغاصت واذا مدّدته فكبر خفت وعامت. والانسان يعوم لان جسده اخف من مقدار يساويه من الماء ولا سيما ماء البحر لانه اثقل من الماء العذب. واذا قيل ان كان الانسان يعوم فلماذا يغرق من لا يحسن السباحة. قلنا ان راس الانسان اثقل من اجزائه السفلى وتوضع فى الماء وحده لغاص فيه ولذلك يكون من شانه الغوص ما دام متصلًا بالجسد. فالذين لا يحسنون السباحة يغرقون لانهم لا يستطيعون رفع رؤوسهم فوق الماء ولا يأمنون الغرق حتى يتعلموا ذلك. ولو ان جاهل السباحة بتأنّ ويقلب على ظهره فى الماء بحيث لا يمتنع عن التنفّس

(١) يحكى ان هيرو الطاغية ملك سرقوسه اعطى صائغًا مقدارًا من الذهب الخالص ليصوغه تاجًا لرئيس الالهة. فلما صنع التاج وزنه الملك فوجد ثقله ثقل الذهب الذى سلمه للصائغ ولكنه ارتاب بالصائغ من ان يكون قد غشه بالفضة ولم يشأ ان يكسره لجمال لونه واتقان صناعته ففوّض امتحانه الى الفيلسوف ارخميدس وطلب منه ان لا يغير فيه شيئًا. ففكر ارخميدس فى ذلك طويلا ولم يفتح عليه الى ان كان ذات يوم يستحم فى مغطس ففطن الى سهولة الحركة فى الماء وعسرها فى الهواء واهتدى من ذلك الى الناموس المذكور انفًا فوثب من المغطس وهرول نحو منزله فرحًا وهو يصفق بيديه فى الازقة ويقول باليونانية ευρηκα اى وجدتها ثم امتحن التاج فوجده مغشوشًا

لا من الغرق مهلة ما ياتى من ينجيه. ولكنه لا شتداد الخطر يحاول الخلاص فيرفع ذراعيه ويخبط فى الماء خبطا شديدا فيقرب بذلك زمان غرقه لان ثقل بدنه يزداد برفع ذراعيه فكأن ذراعيه تعينان راسه على تغريقه. واما ذوات الاربع فالراس فيها اخفّ من الاسافل ولذلك تسبح بلا علم ولا مزاولة. ولا يخفى ان العوم اسهل على السمان مما هو على النحاف لانهم يحلّون محلّ مقدار اكبر من الماء. ولذلك يعوم الانسان بربط قرع جاف على ظهره او بالتمنطق بمناطق من الفلين على حقويه لانه يحلّ محلّ مقدار من الماء اثقل منه. واعلم ان من الطيور ما تسهل السباحة عليه كالوزّ والبطّ والوزّ العراقى وغيرها لان له على اسافل بدنه زغبا صغيرا ناعما كثيفا لا يخرقه الماء فيحلّ محلّ مقدار من الماء يساوى ثقله مع انه لا يغطس من جسمه الا القليل فيعوم

(١٣٢) قلنا (عد ١٣١) ان الجسم يعوم فى الماء الملح اكثر مما يعوم فى العذب ويتضح ذلك من التشكل ٨ (عد ٣٨) فانه اذا مُلئَ الوعاء ماءً حلوًا الى نصفه ووُضعت فيه بيضة غاصت الى قعره ثم اذا أُدخل فيه قمع ذو انبوبة تصل الى قعره وصبّ فيه ماء ملح يهبط ماء الملح الى القعر لانهُ اثقل من العذب وتعوم البيضة فيه. وسبب عومها هو انه اذا ذاب جسم جامد كالملح فى الماء تخللت دقائقهُ مسام الماء فزادت كثافتهُ وقوتُه على حمل الاجسام بدون ان تزيد حجمهُ. ولهذا يتعسّر على الانسان ان يغوص فى بحيرة لوط ولو قصد ذلك لان ماءَها يحملهُ فيطفو عليه كما يطفو الفلين حتى يمكن ان الانسان يتوسّد خشبة وينام عليه كما ينام على فراشه لكثرة ما فيه من المواد الذائبة وعظم كثافته

اذا طرقت حديدةٌ حتى رقّت تطفو على وجه الماء لانها تحلّ محلّ مقدار اثقل منها ولذلك يطفو اللكن والدست والسفن الحديدية ولو ثُخنت ثخنا قليلاً حال كون الحصاة الصغيرة تغوص الى القعر. ويكون مركز الثقل فى الجسم الطافى اوطأ تسمو منهُ. ويتضح ذلك مما حكاهُ الفيلسوف هرشل عن رجل

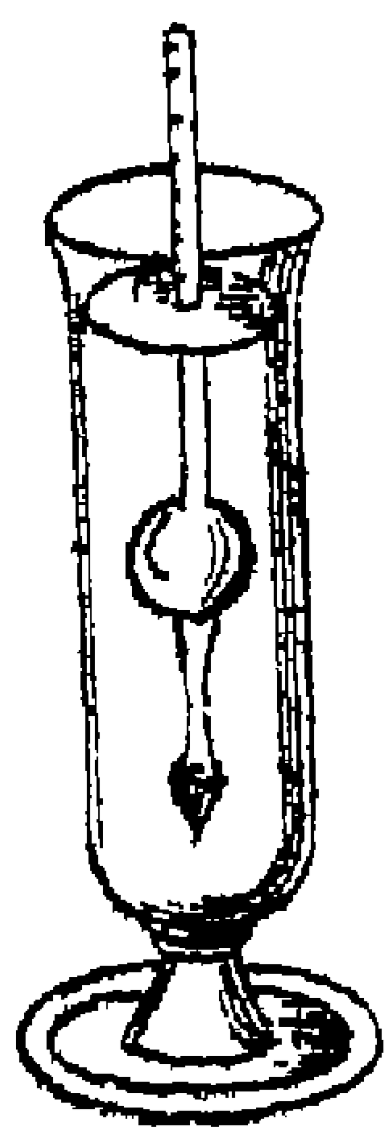
لبس حذائين كبيرين من الفلين وحاول ان يمشي على الماء فانقلب رأسه الى الاسفل ورجلاه الى الاعلى ولم يُرَ منه الا ساقان تضربان الماء والهواء

(١٣٣) استعلام الثقل النوعي — يُستعلم الثقل النوعي للجوامد والسوائل بثلاث طرق الميزان الهيدروستاتيك والهيدرومتر وزجاجة الثقل النوعي . والعمل فيها كلها مبنيّ على استعلام ثقل الجسم ثم استعلام ثقل مقدار يساويه من الماء كما سترى —

اولاً لنستعلم الثقل النوعي لجسم جامد بالميزان الهيدروستاتيك (الشكل ٨٣) زن الجسم في الهواء اولاً ثم زنه في الماء وخذ الفرق بين الوزنين فهو ثقل مقدار ما يساويه من الماء . واقسم وزنه في الهواء على هذا الفرق فالخارج ثقله النوعي . مثاله : ان اوقيةً من الكبريت تصير نصف اوقية اذا غطست في الماء اي تنقص نصف وزنها فثقلها النوعي ٢ اي انها اثقل من الماء مرتين

ثانياً لنستعلم الثقل النوعي لسيّال بزجاجة الثقل النوعي خذ قنينة تسع ١٠٠٠ قمحة من الماء مثلاً فاذا اوسعت ١٨٤٠ قمحة حامضاً كبريتيكاً فثقله النوعي ١٫٨٤ على فرض ثقل الماء النوعي واحداً واذا اوسعت ١٣٥٠٠ قمحة من الزئبق فثقله النوعي ١٣٫٥

ثالثاً لنستعلم الثقل النوعي لسيال بالهيدرومتر خذ انبوبة من الزجاج (الشكل ٨٤) لها في احد طرفيها بلبوس يحتوي زئبقاً او خردقاً وسدّها من طرفها الآخر واقسمها درجات بحزوز تحزّها عليها حتى اذا وُضعت في الماء المقطّر تغرق الى درجة الصفر فاذا وُضعت بعد ذلك في الكحول مثلاً تغرق فيه اكثر مما تغرق في الماء بقدر ما هو اخفّ من الماء . وتُحسب كل درجة منها جزءًا من المائة . والهيدرومتر انواع شتى تستعمل لمعرفة الثقل النوعي


الشكل ٨٤

للحليب والحوامض وانواع المذوّبات

واعلم ان الثقل النوعى للجوامد والسوائل يصحّ استعلامهُ بكلٍّ من هذه الطرق الثلاث ولكنا لم نستوف تفصيل ذلك لضيق المقام وسهولة تحصيله على الفطن

(١٣٤) استعلام وزن حجم مفروض من اى مادّة كان + اضرب وزن قدم مكعبة من الماء فى الثقل النوعى لتلك المادة ثم اضرب الحاصل فى عدد الاقدام المكعبة فى ذلك الحجم فما كان فهو وزنهُ . مثالهُ اذا قيل ما وزن ثلاث اقدام مكعبة من الفلين قلنا وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية (الاوقية ٨ دراهم) وثقل الفلين النوعى ٠٫٢٤ فلنا ١٠٠٠ ق × ٠٫٢٤ = ٢٤٠ ق و ٢٤٠

جدول يتضمن الثقل النوعى لبعض الاجسام على فرض الماء واحدًا

اسم الجامد	الثقل النوعى	اسم الجامد	الثقل النوعى	اسم الجامد	الثقل النوعى
البلاتين	٢١٫٥٠	الفضة	١٠٫٤٧	الحديد	٧٫٨٠
الذهب	١٩٫٣٦	النحاس الاحمر	٨٫٨٠	حديد الصب	٧٫٢١
الزئبق	١٣٫٦٠	القصدير	٧٫٢٩	التوتيا	٦٫٨٦
الرصاص	١١٫٣٥	الفولاذ	٧٫٨١	الماس	٣٫٥٠

ق × ٣ (عدد الاقدام المكعبة من الفلين) = ٧٢٠ ق فالجواب ٧٢٠ اوقية وهو وزن المقدار المفروض

(١٣٥) استعلام حجم وزنٍ مفروض من اىّ مادّة كان . اضرب وزن قدم مكعبة من الماء فى الثقل النوعى لتلك المادّة واقسم الوزن المفروض على الحاصل فما خرج فهو الحجم محسوبًا

اقل اما مكعبة : فلو قيل ما هو حجم ١٢٠٠٠ وقية من الرصاص لقيل ١٠٠٠ اق × ٥ ٣ ١١٢ = ٥٠ ٣ ١١ و ٠٠٠٠ ٢ + ٥٠ ٣ ١١ = + ٦ ٧ ١ من القدم المكعبة وهو الحجم المطلوب

(١٣٦) استعلام جرم الجسم — زن الجسم فى الماء فينقص ثقله بقدر وزن الماء الذى حلّ الجسم محله. ثم ان وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية فيعرف من ذلك حجم الماء المساوى للجسم. مثاله : اذا نقص جسم ١٠ اواق عند وزنه فى الماء فوزن

اسم الجامد	الثقل النوعى	اسم الجامد	الثقل النوعى	اسم السيال	الثقل النوعى
الزجاج الصوالى	٣٫٣٣	شمع العسل	٠٫٩٧	الحامض الكبريتيك	١٫٨٣
الرخام	٢٫٧٠	حجر الخفان	٠٫٩٢	ماء يحولوط	١٫٢٣
الطباشير	٢٫٦٥	الجليد	٠٫٩٢	الحليب	١٫٠٣
الكبريت	٢٫٠٠	البوتاسيوم	٠٫٨٦	ماء البحر	١٫٠٣
العظم	١٫٩٩	خشب الصنوبر	٠٫٦٦	الماء الصرف	١٫٠٠
الفصفور	١٫٨٣	الفلين	٠٫٢٣	زيت الزيتون	٠٫٩١
السكر	١٫٦٠			الكحول الصرف	٠٫٨٠
الفحم الحجرى	١٫٣٠			الاثير	٠٫٧٢

الماء الذى حلّ ذلك الجسم محله ١٠ اواقٍ ولذلك يكون حجمه ١/١٠٠ من القدم المكعبة وهذا هو جرم الجسم تماما

(١٣٧) مسائل للتمرين (١) اذا اردنا ان نمتحن قوة الصفوة القينا فيها بيضة وحكمنا على قوتها من عوم البيضة او غوصها فيها فما هو تعليل ذلك. (٢) لماذا يستسهل السمين السباحة اكثر من النحيف. (٣) اذا غرق الانسان وغاص الى قعر الماء اطلقوا ورائه مدفعًا فيطفو على وجه الماء فما سبب ذلك. ج. ان المدفع يهزّ قعر الماء فتنفلت جثة الغريق من الاوحال او الاعشاب

التي تكون قد اشتبكت بها - (٤) لماذا تطفو جثة الغريق على وجه الماء بعد موته - ج لان جسده ينحل فتتولد فيه غازات خفيفة فيخف ويطفو - (٥) لماذا تكبر فقاقيع الهواء عند صعودها من قعر جرة ملآنة ماءً - (٦) عندنا بيرٌ علوها ١٣ قدماً وعرضها ١٠ اقدام وفي اسفل جانبها باب فكم يكون ضغط الماء على بابها اذا امتلئت ماءً - (٧) بيد زيد دلو ملآن ماءً وبيد عمرو دلو آخر مساوٍ له ملآن ماءً ايضاً وفيه سمكة حيّة فدلو ايهما اثقل - (٨) دخل الماء في خرق صخر طوله ٥٠ قدماً وسعة قيراط مربع ثم نفذ الى حوض محصور في باطن الارض مساحة سطحه ٢ قدماً مربعة فكم ضغط الماء لما حوله من جوانب الصخر - (٩) لماذا يكون تحريك الحجارة في الماء اسهل مما على اليابسة - (١٠) لماذا يعسر الخوض في الماء حيث يجري مجرى او تيار (١١) لماذا يصنع سد المطحنة صغيراً من الاعلى كبيراً من الاسفل - (١٢) هل يقتضي للمهندس ان ينظر الى تحديب الارض في حفر الترع ومد السكك الحديدية ولماذا - (١٣) هل ماء البحر اكثف عند القعر منه عند السطح - (١٤) لماذا تتحرك فاقعة الهواء في القادن الزئبقي عند ادارته - (١٥) هل يتجرح من يسير اذا داس على الزجاج او نحوه في الماء - (١٦) هل يغوص الحديد في الزئبق - (١٧) لماذا تطفو الدواية على وجه الحليب - (١٨) اذا غرقت سفينة في البحر فالى اي عمق تصل - (١٩) رمى صبيٌّ طابةً في ثقب عميق ولم يقدر ان يصل اليها فملأ الثقب ماءً فلم تصعد فاصعدها بواسطة اخرى فما هي - (٢٠) ايهما اقوى على حمل الاجسام الماء ام الزيت - (٢١) ما وزن اربع اقدام مكعبة من الفلين - (٢٢) كم درهماً من الحديد تحمل قدم مكعبة من الفلين على الماء - (٢٣) ما هو الثقل النوعي لجسم وزنه ٣ قمحة في الهواء و٢ قمحة في الماء وكم هو اثقل من الماء - (٢٤) عند نا دلو مملوءٌ من ماء البحر وآخر من الماء العذب فايهما اثقل - (٢٥) وُزنت قطعة من صخر في الهواء فكانت ١٢٨٣ و٣ القمحة

ثم وُزنت فى الماء فكانت ٥⁄٥ ٢٦٠ القمحة فما ثقلها النوعى ٠ (٢٦) وزن قطعة من الزبرجد ٥⁄٤ ٢١ من القمحة فى الهواء و ٣⁄٤ ١٤ من القمحة فى الماء فما ثقلها النوعى ٠ (٢٧) ما حجم قنطار من الحديد ٠ ومن الذهب ٠ ومن النحاس ٠ (٢٨) ما وزن مكعّب من الذهب مساحة كل جانب من جوانبه الستة اربع اقدام ٠ (٢٩) طول حوض ١٢ قدمًا وعرضه ٦ اقدام وعمقه ١٠ اقدام فكم يكون ضغط الماء لكل جانب منه اذا امتلأ (٣٠) لماذا تطفو السمكة الميتة على ظهرها ٠ (٣١) وزن حجم من الماء ٥ ٢⁄٧ ٦٢ القمحة ووزن آخر مثله من الحامض المورياتيك ٥ ٧ قمحة فما الثقل النوعى للحامض المذكور ج ١٫٢٠ (٣٢) عند نا وعاء يسع عشر اواقٍ من الماء فكم يسع من الزئبق ٠ (٣٣) ما حجم حجر وزنه ٨٠ اوقية فى الهواء و ٥٠ اوقية فى الماء ٠ (٣٤) كم يجب ان يكون حجم كرة مجوّفة من الحديد وزنها ١١ اواقٍ لتطفو على الماء

الفصل الثانى

فى الماء الجارى او الهيدروليك

(١٣٨) الهيدروليك لفظة مشتقة من اليونانية معناها ماء الانابيب. وهى فن يبحث فيه عن السائلات المتحركة من حيث تفرغها من ثقوب وجريها فى انابيب واقنية وتموجها وما اشبه. ويتخذ الماء فيه نائبًا عن البقية كما فى الهيدروستاتيك ونواميسه هى نفس نواميس الاجسام الساقطة الّا انها لا تصدق عليه عملًا لعلل نظرًا لاسباب شتى ولذلك يعوَّل فيه على التجارب العمليّة ولا يُلتفت الى النواميس النظريّة. اما اسباب الفرق بين النواميس النظريّة والعمليّة فمنها اختلاف حرارة السائلات فان الحرارة تزيد سيولة السائل. وتفاوتها فى الصفاء. وتفاوت جاذبيّة الملاصقة بين دقائقها واحتكاكها على جوانب الاوعية التى تجرى منها ومقاومة الهواء لها. وشكل الثقوب التى تتفرّغ منها. واختلاف جريها باختلاف هيئة الاماكن التى تجرى فيها الى غير ذلك من الاسباب

(١٣٩) سرعة النوفرة - السائل يصعد من النوفرة بسرعة تعدل سرعة جسم يسقط من ارتفاع بقدر ارتفاع السائل الّذي فى مصدر النوفرة. فاذا ارتفع ماءُ النوفرة عشرا قدام فسرعته تعدل سرعة حجر يسقط من علوّ عشر اقدام وذلك يتضح مما مرّ (عد ١٢٣) وهو ان الماء يصعد فى النوفرة الى مساواة سطح ينبوعه وما مرَّ (عد ٩٣) فى الاجسام الساعدة وهو ان الجسم لا يصعد الى علوّ مفروض ما لم تكن سرعته بقدر السرعة التى يسقط بها من ذلك العلوّ. فسرعة النوفرة تتوقف اذًا على ارتفاع مصدرها عن ثقبها.

وينبغي ان تصعد كل السائلات منها بسرعة واحدة فالدبس والزئبق ينبغي ان يرتفعا منها بقدر ما يرتفع الماء كما ان الرصاصة والريشة ينبغي ان تصلا الى الارض في وقت واحد اذا اسقطتا من علو واحد (عد ٤٦) ولكن الاسباب التي ذكرناها (عد ١٣٨) تؤثر في السائلات تأثيرًا مختلفًا فيختلف بذلك ارتفاعها. فلا يرتفع الزئبق والماء ارتفاعًا واحدًا ولو كان مصدراهما متساويين كما ان الرصاصة والريشة لا تسقطان في وقت واحد بسبب مقاومة الهواء لهما

(١٤٠) استعلام سرعة الماء الخارج من نوفرة لتُستعلم سرعته بالمعادلة الرابعة من معادلات الاجسام الساقطة وهي $س = ٢\sqrt{ج ب}$ (عد ٤٧) ويراد بالحرف ب هنا انخفاض فم النوفرة عن سطح الماء في الحوض الذي تستمد الماء منه. مثال ذلك اذا قيل: كم سرعة نوفرة في سهل اذ اورد الماء اليها من اكمة علوها ٦٤ قدمًا. فالجواب يعرف بالتعويض عن ب بالعدد ٦٤ وعن ج بالعدد ١٦ وهو عدد الاقدام التي ينزل فيها الجسم في الثانية الاولى بالجاذبية (عد ٤٦) فلنا $س = ٢\sqrt{١٦ \times ٦٤} = ٦٤$ قدما

(١٤١) استعلام كمية الماء المتفرغة في وقت مفروض العمل في ذلك ان تضرب مساحة الثقب المتفرغ الماء منه في سرعة الماء ثم تضرب الحاصل في عدد الثواني او الدقائق او الساعات المفروضة فذلك كمية الماء المتفرغة

مثال ذلك: اذا نزل ماء المطر عن سطح بيت في انبوبة طولها ١٦ قدمًا ومساحة فوهتها نصف قدم مربعة فكم يتفرغ منها من الماء في ٥ ثوانٍ. الجواب اذا انحدر الماء ١٦ قدمًا فسرعته $= ٢\sqrt{١٦ \times ١٦} = ٣٢$ قدمًا في الثانية. نضربها

فى ٢/١ اى مساحة الفوهة فالحاصل ١٦ قدماً مكعبة وهى كمّية الماء المتفرغة فى ثانية واحدة. نضربها فى ٥ ثوان فالحاصل ٨٠ قدماً مكعبة وهى كمية الماء المتفرغة فى الوقت المفروض. هذا بحسب الناموس النظرى واما بالعمل فلا يتفرغ اكثر من ٦٢ فى المائة مما ذكر اى ٤٩٫٦ القدم المكعبة فقط للاسباب المتقدّمة آنفاً (عد ١٣٨)

(١٤٢) تأثير الانابيب — ان الانابيب تؤثر كثيراً فى كمّية الماء المتفرغة من الوعاء فاذا امعنّا النظر فى الماء الخارج من ثقبٍ رأيناه يصغر حجماً بعد خروجه من الثقب حتى يصير ٣/٢ ما كان وهو فيه. وسبب ذلك ان الماء يجرى فى مجارٍ تتقاطع بعضها بعضاً وهو خارج من الثقب لانه يخرج من جميع جهاته. فلو أُدخل فى الثقب انبوبة اطول من قطره بضعفين او ثلاثة لجرى الماء ملاصقاً لجدرانها فلا يتقاطع ولا يعيق بعضُه بعضاً فتزيد الكمية المتفرغة منهُ حتى تصير ٨٢ فى المئة مما يقتضى ان ينفرغ بالحساب

ولو أُدخل الطرف الواسع من انبوبة مخروطيّة الشكل فى الثقب لصارت الكميّة المتفرغة ٩٢ فى المئة ولو أُدخل فيه الطرف الضيّق منها لزادت الكمّية المتفرغة ٢٥ فى المئة عما تقتضى ان تكون بالحساب وذلك من الامور المستغربة. والظاهر ان ادخال الانبوبة فى الثقب على ما تقدّم يسهل المرور على الماء حتى كأنها تجتذبه اجتذاباً الى الخارج. واذا جرى الماءُ فى انابيب طويلة او منحنية ابطأ جريهُ فيها وقلّت الكميّة المتفرغة منه لسبب احتكاكها عليه. فقد قيل انه اذا جرى على زاويةٍ قائمةٍ فى انبوبةٍ تنقص الكمية المتفرغة منه النصف واذا جرى فى انبوبة طولها ٢٠٠ قدم يتفرّغ منهُ نصف ما يتفرّغ من انبوبة طولها قيراط اى اقصر من تلك ٢٤٠٠ مرّة

(١٤٣) جرى الماءِ فى الانهار — الماءُ وسائر السوائل لا تجرى الّا اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق او مائلاً عليه. ولا حاجة

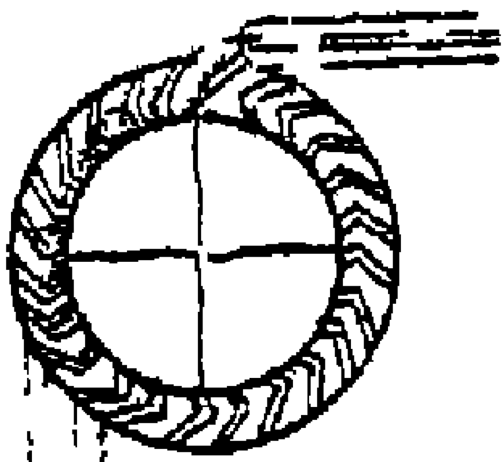
ان يكون الميل عظيماً فانها لسهولة تحركه دقائقها تجری على الارض ولو كان انحدارها قليلاً جداً . فالماء يجری بسرعة ثلاثة اميال فی الساعة على ارض لا تنحدر اكثر من ثلاثة قراريط فی الميل . فان نهر الكنج لا ينحدر الا ۸۰۰ قدم فی مسافة ۱۸۰۰ ميل فلا يقطع ماؤه تلك المسافة الا بعد مضی اكثر من شهر من ابتداء جريه . واذا انحدر سطح الارض ثلاث اقدام فی الميل جرى الماء فيه جرياً عنيفاً كما فی سواقی الجبال . ويبلغ جريه اشده فی الوسط . ويسمى عند العامة بالسيلة . ويكون ضعيفاً على القعر والضفتين لسبب مقاومة الارض له

(۱۴۴) استعلام معدل سرعة النهر وما ينصب منه ـ تستعلم سرعته فی الوسط وعلى القعر وعند الضفتين ويقسم مجموعها على ثلاثة فيخرج لنا معدل سرعته فلو قيل سرعة الماء على جوانب نهر ۳ اميال وعلى قعره ۳ وفی وسطه ۵ فكم سرعته لقيل $\frac{۳+۳+۵}{۳}$ = ۳ اميال وهی الجواب . ويستعلم معدل ما ينصب منه بضرب عرض جزء منه فی معدل عمقه وضرب الحاصل فی معدل سرعته

(۱۴۵) دواليب الماء ـ دواليب الماء آلات يستعمل بها الانسان قوة الماء الجاری لقضاء حاجاته كفراش المطحنة والناعورة وما اشبههما وتجری على حكم المخل اذا فعلت القوة بساعده الاقصر . وهی على اربعة انواع الدولاب الفوقی والدولاب التحتی والدولاب الجانبی والدوار

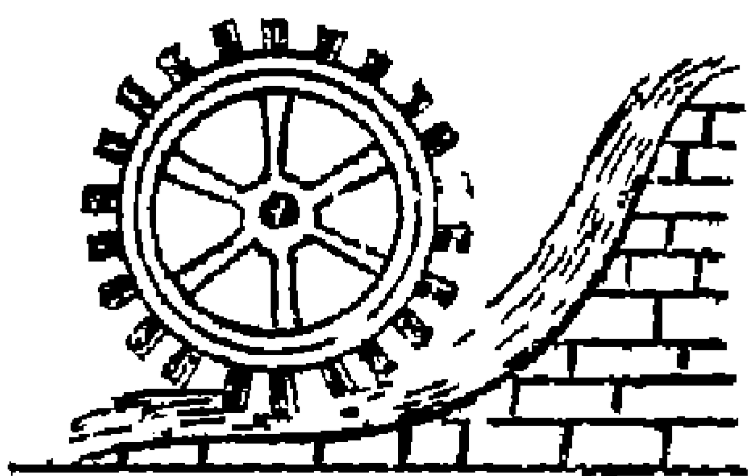
(۱۴۶) الدولاب الفوقی ـ هذا يستعمل اذا كان الماء قليلاً لانه يدور بقليل من الماء وله على محيطه دلاء ينزل اليها الماء من ميزاب كما فی الشكل ۸۵ وتصنع هذه الدلاء بحيث تمسك الماء

وهى نازلة على الجانب الواحد وتصبه وهى صاعدة على الجانب الآخر. فبذلك يدور الدولاب لانه متى امتلأ بعضها يثقل فيهبط فيدير الدولاب حتى ينصب الماء منه ويصعد فارغًا اذ يمتلئ غيره من الدلاء ويدير الدولاب بثقله ايضًا وهلم جرًّا. فيدور الدولاب بقوة الماء كما يدور بقوة الانسان وغيره

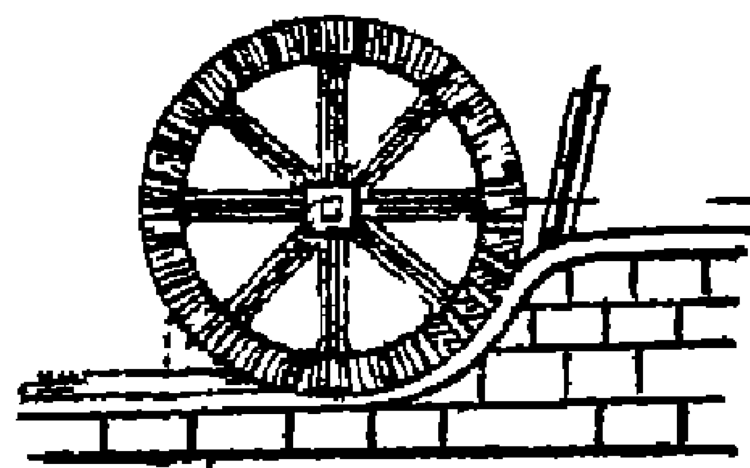

الشكل ٨٥

ويكون هذا الدولاب كبير الحجم ففى الولايات المتحدة دولاب علوه ٧٩ قدمًا فاذا فرض الماء فيه ق والبين الذى ينزل فيه كل دورة ب فقوته = ق × ب بالحساب ولكنها لا تزيد عن ٨٠ فى المئة من ذلك بالعمل

(١٣٧) الدولاب التحتى. هذا يستعمل حيث الماء كثير ولا يسقط من علو شاهق وليس له دلاء بل عوارض ناتئة من حافته فيصدمها الماء وهو جارٍ ويديرها بزخمه فيدور الدولاب معها (الشكل ٨٦) قيل انه لا يستعمل بهذا الدولاب اكثر من ٣٠ فى المئة من قوة الماء


الشكل ٨٦

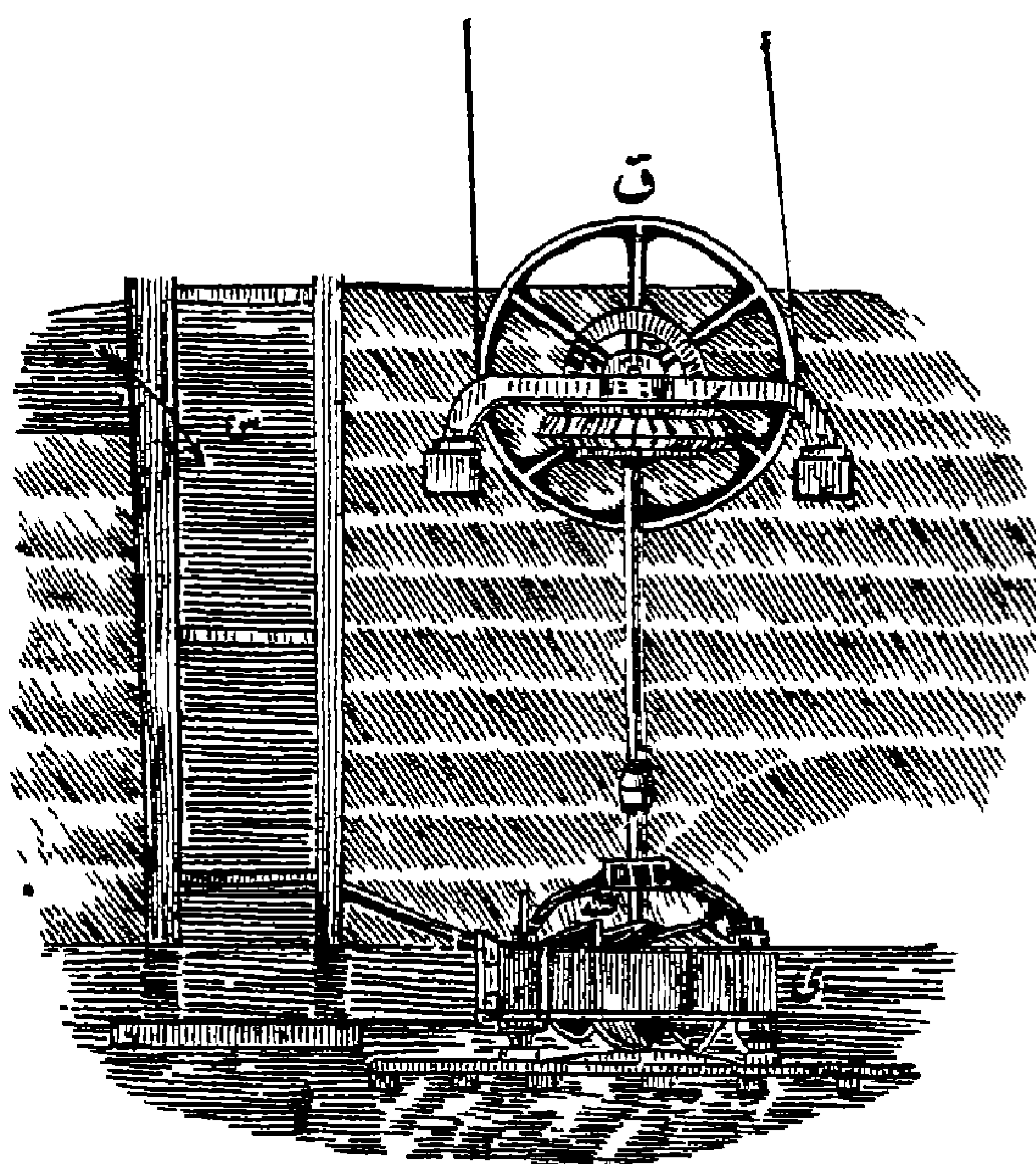
(١٣٨) الدولاب الجانبى — هذا يتوسط بين الفوقى والتحتى (الشكل ٨٧) فيديره ثقل الماء وزخمه معًا ويستعمل حيث الماء معتدل المقدار


الشكل ٨٧

(١٣٩) الدوّار — هذا يسميه الافرنج التربين وهو حديث العهد واقوى من سائر الدواليب عملًا فانه يستعمل به نحو ٩٠ فى المئة من قوة الماء. ويختلف عنها اختلافًا جوهريًا كما سترى ويغمس فى الماء ويوضع فيه افقيًا

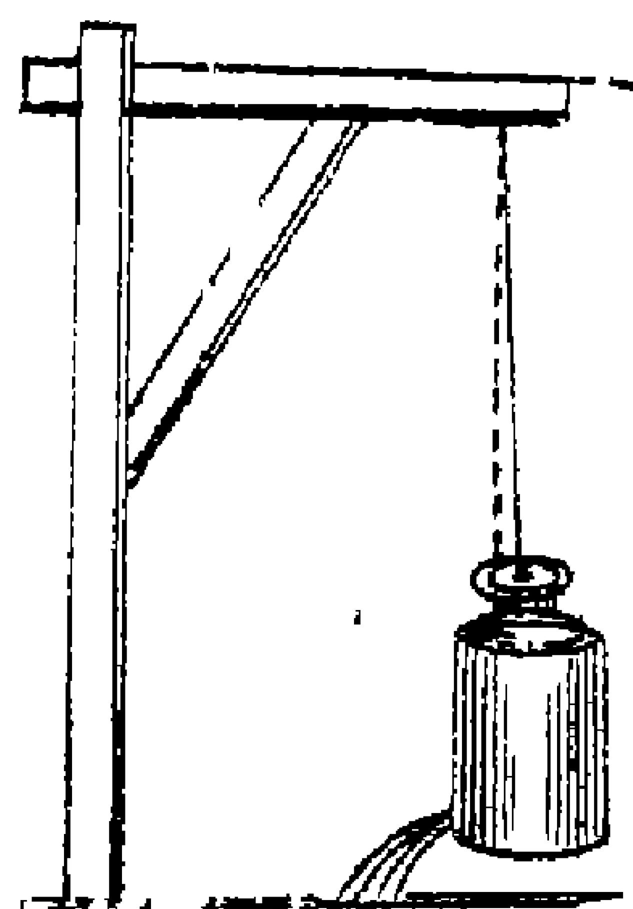
ويصنع على صور شتى منها الشكل ٨٨

وشرحه ان س د قناة ينزل الماء فيها ويجرى منها فى الميزاب د احتى يقع على الدولاب. وف محور هذا الدولاب وهو اسطوانة تتفرع منها عوارض مسطحة الى كل الجهات. وى اطار مقبب يحيط بهذه العوارض على دائرها.



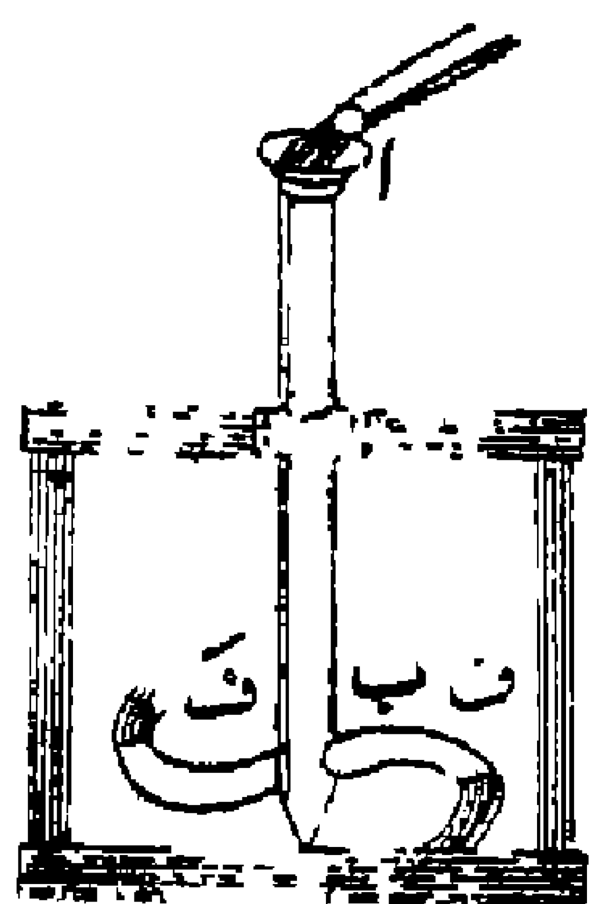
الشكل ٨٨

وعلى اعلى هذا الاطار واسفله قرصان مستديران متصلان بالاسطوانة وبالعوارض المتفرعة منها. وفى هذين القرصين شبه اقماع مقورة تبتدئ بقرب الاسطوانة وتنحنى الى الخارج بحيث يبقى تقعيرها نحو الاسطوانة وتكون بارزة فوق القرص الاعلى وتحت الاسفل كما ترى. فينزل الماء من الميزاب دا فى الاقماع العليا ويخرج من السفلى فى عكس الجهة التى دخل فيها فيدور الدولاب وتدور الاسطوانة ف ب وتدير الدولاب ق الذى يلتف على حرفه سير يوصل الآلات الاخرى به — والدوار يدور على مبدأ


الشكل ٨٩

اختلاف الضغط فى عمود من السائل كما يتضح من الشكل ٨٩ علق ابريقاً ملآناً ماءً بخيط فالماء يضغط كل جوانبه ضغطاً متساوياً حسب ناموس باسكال (عد ١١٥) فيهدأ بذلك. ثم اذا اثقبته من جانبه يجرى الماء من النقب فيرتفع الضغط عن ذلك الجانب ويبقى على الجانب الآخر فيدفع الابريق الى الجهة المقابلة لجهة الثقب اى يبعده عن الخشبة التى تجاهه

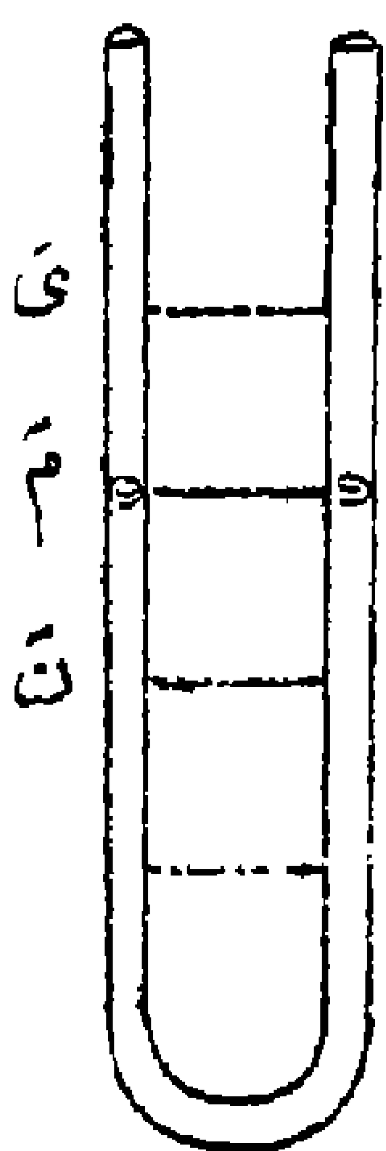
(١٥٠) مطحنة باركر. — وعلى هذا المبدأ صُنعت مطحنة باركر ايضا وهى مؤلفة من اسطوانة مجوفة اب فى الشكل ٩٠ موضوعة بحيث تدور بسهولة ومن اسطوانة اخرى ف ف عمودية على الاولى وموازية لسطح الافق وطرفاها معكوفان ومفتوحان الى جهتين متعاكستين (ويزاد فيها ايضاً اسطوانة ثالثة افقية كالثانية ولكنها عمودية عليها) فاذا سُدت فتحتا الاسطوانة الافقية وصُب الماء فى اب تبقى المطحنة ساكنة لان ضغط الماء متساوٍ على ف ف واما اذا فتحت ف وف فيزول الضغط عنهما ولكنه يبقى على الاجزاء المقابلة لهما من



الشكل ٩٠

الاسطوانة. فاذا تفرغ الماء من الفتحة ف الى اليمين مثلاً اندفع الجانب ف ب المقابل لها الى اليسار. وهكذا يقال فى الفتحة ف والجانب ف ب من الاسطوانة. ولذلك تدور الاسطوانة ف ف بتفريغ الماء من فتحتيها. ولا يخفى انه كلما طال جانبا الاسطوانة ف ف وبقى الضغط عليها واحداً تزيد القوة على الثقل كما اذا اطال ساعد القوة على ساعد الثقل فى المخل. وهذه الآلة من اعظم الآلات فعلاً اذا قُصد استعمال مقدار مفروض من الماء يسقط من علوٍ مفروض

(۱۵۱) تموُّج الماء — اذا صببنا ماءً فی انبوبة ملتوية كما فی الشكل ۹۱ الى حدّ م و مَ ثم ادخلنا مجرًى من الهواء الى مر فضغط الماء حتى هبط من م الى ن يرتفع فی الجانب الآخر من مَ الى یَ. واذا ازلنا هذا الهواء الضاغط يهبط الماءُ من یَ الى مَ وينزل بالاستمرار الى نَ فيرتفع فی الجانب الآخر الى ی. ثم يهبط من ی ويرتفع من نَ ولكنّ الهابط لا يصل حينئذٍ الى ن ولا المرتفع الى یَ لان الهواءَ والاحتكاك على جوانب الانبوبة يعيقانهما ولذلك لا يزالان بين هابطٍ ومرتفع حتى يتلاشى استمرارهما بالاحتكاك ومقاومة الهواء فيسكنان عند م و مَ كما كانا قبلاً. فلو ارتفع الهواءُ والاحتكاك اولو جُعل للماء واسطة تحرّكه على الدوام كما يتحرّك الرقّاص لبقى فی حال الاضطراب الى ما شاء الله. وعلى ما تقدّم



الشكل ۹۱

يتموّج الماءُ فی البركة اذا رمى فيها حجرًا امواجًا مستديرة تتسع شيئًا فشيئًا حتى تنتهى. لان الماءَ ينضغط تحت الحجر فيهبط فيرتفع ما حولهُ ثم يهبط هذا ايضًا ويرتفع ما حولهُ ولا تزال دقائق الماء بين هابطٍ ومرتفعٍ حتى يبطل تموّجها باحتكاكها بعضها على بعض وبمقاومة الهواء لها

(۱۵۲) الموج — يحدث الموج من احتكاك الريح على وجه الماء فاذا كانت الريح خفيفة احدثت امواجًا صغيرةً يتراكب بعضها على بعض فی وسط البحر حتى تصير موجًا طامًا يتقلّب على متن المياه. لان الريح اذا هبّت على الماء ترفع دقائقهُ بضغطها على الدقائق المجاورة للدقائق المرتفعة كما تقدّم فی عمودی الماء (الشكل ۹۱) ثم تهبط تلك الدقائق بالجاذبيّة فترتفع التى تليها وهكذا

يحدث الموج من ارتفاع دقائق الماء وهبوطها بدون ان تنتقل من مكانها - واما تقدمها الظاهر فمن الامور التي تخدع بها العين كما تخدع بتموج البساط اذا نُفض او الحبل اذا هزّ او الزرع اذا ماج بالريح —— اذا القينا قرعة او خشبة على الماء رأيناها تتقدم على راس الموجة بضع اقدام او قراريط حسب طول الموجة ثم تقف وتتأخر راجعةً في المطمئن الذي يلي الراس ثم تقف عن الرجوع وتتقدم على راس الموجة الثانية وتقف وترجع ايضا في المطمئن الذي يليه وهكذا على الدوام. فتعلو وتهبط مع الموجة ولكنها لا تسير على وجه الماء الى الشاطئ. ولعلّ ذلك لان القرعة وهي في راس الموجة تنحدر الى المطمئن الذي يليها الى جهةٍ في السطح المائل الاعظم تحدّرًا اي الاعظم ميلًا على الخط السمتي. ثم متى صار المطمئن موجةً اي متى ارتفع ماؤه لما مرّ يكون السطح المائل الاعظم تحدّرًا الى جهةٍ مخالفة فتنحدر راجعةً فيه ثم تهبط كاوّل مرةٍ وترجع وهلمّ جرًّا الى ان يهدأ الموج. ليكن اب وس د موجتين وب س المطمئن بينهما. فاذا كانت القرعة عند ز راس الموجة اب وهبطت الى ف المطمئن في السطح المائل ز ف لكونه اعظم تحدّرًا من السطح المائل الى اليمين فمتى ارتفع ارتفع المطمئن ف حتى صار موجة راسها عند ل وهبطت ز الى و فكان و مطمئنًّا يلي ل يكون السطح المائل الاعظم تحدّرًا ل و فترجع فيه ثم ترتفع الى ز وتهبط الى ف ثم ترجع الى و وهلمّ جرًّا. فالماء لا ينتقل من مكانه بل يرتفع عمودًا وهذا العمود يهبط ويرفع ما يليه الخ ودقائق الماء تبقى مكانها



الشكل ٩٢

(١٥٣) تنفّش الموج - اذا قربت الامواج من الشاطئ او من صخر لم يوازنها ماء الشاطئ لقلة عمقه وعظم عمقها فتتقدّم حتى يمنعها الشاطئ من التقدم فتنتشر وتتنفّش ويعرف تنفّشها عند

العامة بتفتش الموج. وقد ظهر بالتجربة والملاحظة ان الامواج لا تهبط اكثر من ٣٠ قدمًا عن مساواة سطح مائها وان اعظم الامواج لم يعلُ اكثر من ٣٣ قدمًا من قمتها الى حضيضها

(١٥٣) حدود — نسمي الاجزاءُ المتوافقة من الامواج رؤوسها ومطمئناتها وجوهها المتماثلة واجزاؤها المخالفة كراس موجة ومطمئن اخرى وجوهها المتضادّة. ونسمي المسافة بين كل وجهين متماثلين كالمسافة بين راس موجة وراس التى تليها طول الموجة. فاذا فرضنا ان موج المدّ الحادث من تفاوت جذب الشمس او القمر لماء الارض سائر من الشرق الى الغرب وان نوءًا انزل فى البحر فاحدث امواجًا بعيدةً عن موج المدّ وسائرةً وراءَهُ وان ريحًا خفيفة هبّت على قسم متوسط بينهما من البحر فاحدثت فيه امواجًا صغيرة فامواج كل فاعلٍ من هذه الفواعل الثلاثة تبقى ممتازة عن امواج الاخر حتى تلتقي. وحينئذٍ فاما ان تتلاقى وجوهها المتماثلة او المتضادّة. فاذا تلاقت وجوهها المتماثلة كما اذا التقت رؤوس امواج المدّ برؤُوس امواج النوءِ ومطمئنات امواج الواحد بمطمئنات امواج الاخر حصل من التقائهما موج علوّهُ بقدر مجتمع علوّ الاثنين معًا. واذا التقت وجوهها المتضادّة كما اذا التقت رؤُوس امواج الواحد بمطمئنات امواج الاخر. حصل من التقائهما موج علوهُ بقدر الفضل بينهما. فاذًا اذا توالى موجان وكان طول الموجة وعلوها فى كلّ منهما متساويين وكان الاول سابقًا للثانى بنصف طول موجة يفنى احدهما الاخر بسبب التقاء وجوههما المتضادّة ويقال لذلك تعارض الامواج لانها تعارض بعضها بعضًا. واعلم ان لهذا المبحث اعتبارًا عظيمًا فى الصوت

والنور كما سيجئ فاحفظه جيدًا

(١٥٥) مسائل للتمرين — (١) عند ناحوض له ميزابان متساويان احدهما اسفل من سطح الماء بأربع اقدام والآخر بتسع فكم يفرغ الثانى اكثر من الاوّل. الجواب. ان سرعة الماء تتغير فى الميزابين كتغيّر جذرى علوّيهما اذ كان المتفرّغ فى كل من الميزابين بسرعته لوصدّ بادخال ركبة انبوبة قائمة فى فم كلّ لارتفع الى وجه الماء فى الحوض واذا كانت انبوبة الركبة قصيرة تصعد كالنوفرة يزخم تفرّغ الماء (عد ١٤٠) فالعلوّ ان المذكوران كناية عن بيتى الماء مدفوعًا من الميزابين الى العلوين والسرعة تتغير كجذر البين ثم ان الكمية المفرغة تتغير كالسرعة مع فرض مساواة الميزابين اذًا الكمية المفرغة تتغير كجذر البين اى

الكمية المفرّغة من الاعلى : المفرغة من الادنى :: ٢ : ٩ :: ٢ : ٣

اى أن الميزاب الادنى يفرّغ مثلًا ٣ قناطير فى الوقت الذى يفرّغ الاعلى قنطارين. (٢) قطر انبوبة اربعة قراريط وعمقها ٨ قدمًا تحت سطح الماء فكم من الماء تفرّغ فى الثانية. (٣) اذا اطلق ماء من بلبل كوز فلماذا يكون مجتمعًا عند فوهة مخنّقة البلبل واذا ابتعد عنها ينتشر. (٤) اذا ثقبنا طرفى الاسطوانة ق ق من سطحنة باركر (عد ١٥٠) الى جهة واحدة وثقبناهما من تلك الجهة فماذا تكون النتيجة (٥) هل يلزم ان تدخل الحنفية فى البرميل الى ماوراء الواحد

م



الباب السادس

فى الهوائيات

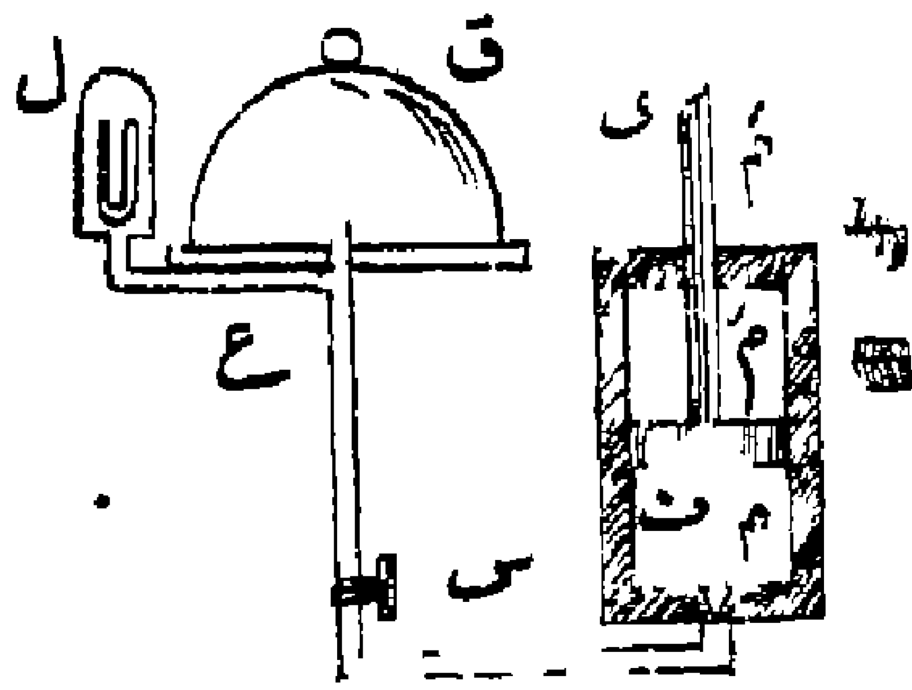
الفصل الاول

فى الغازات ومفرغة الهواء

(١٥٦) الهوائيات فنّ يبحث فيه عن صفات الغازات وضغطها — والغازات اجسام قوّة الجذب بين دقائقها اضعف من قوة الدفع (عد ٢٧) فلذلك تكون حركة دقائقها اسهل من حركة دقائق السائلات فيصدق عليها ما يصدق على السائلات من ايصال الضغط الى كل الجهات على السواء وقوّتها على حمل الاجسام وثقلها النوعى . وهى كثيرة العدد ولكن اربعة منها فقط بسيطة وهى الاكسجين والهيدروجين والنتروجين والكلور والبقية مركّبة . ومنها ما له لون او رائحة ومنها ما ليس له . ومنها ما يضر الانسان والحيوانات اذا استنشقته كغاز الحامض الكربونيك ومنها ما لا يضرّ كالهيدروجين والنتروجين ولكنه لا يصلح لحياة الحيوان . ومنها ما لا تقوم الحياة الا به وهو غاز الاكسجين فاذا انقطع عن الحيوان بضع ثوانٍ مات لا محالة . ويكون مدار الكلام فى الهوائيّات على الهواء فقط لانه ينوب عن كل الغازات بمالانه اكثرها مقدارًا كما ينوب الماء عن السائلات —

(١٥٧) الهواءُ — الهواءُ ويعرف عند التخصيص بالهواء الكروي او الجلد غاز من الغازات محيط بكرة الارض كل الاحاطة فيملأُ ما كان فارغًا فيها ويحيي ما عليها من الحيوان والنبات. وهو مؤلف من غازَي الاكسجين والنتروجين ممتزجين معًا على نسبة ٢٣ وزنًا من الاكسجين الى ٧٧ وزنًا من النتروجين ويحتوي ايضًا قليلاً من الحامض الكربونيك وكميّة من البخار المائي تكثر وتقلّ بحسب الاحوال. وليس لهُ رائحة ولا طعم ولا لون ولكنهُ اذا تكاثر تلوَّن بالازرق كما يشاهد في لون السماءِ فان قبّتها الزرقاءَ التي تاهت في جمالها عقول الشعراءِ هواء صرف قد تلوّن بالزرقة من ضوءِ الشمس ولو تلاشى الهواءُ لزال بهاؤُها واسودّ وجهها. ولهذا يضرب لونها الى السواد كلما ارتفع الناظر عن الارض واذا ارتفع كثيرًا راها سوداءَ من تلطّف الهواء فوقهُ. وهو ايضًا شفّاف مرن فلولاهُ لم نقدر على سمع الاصوات ولم نطرب على رنّة العود

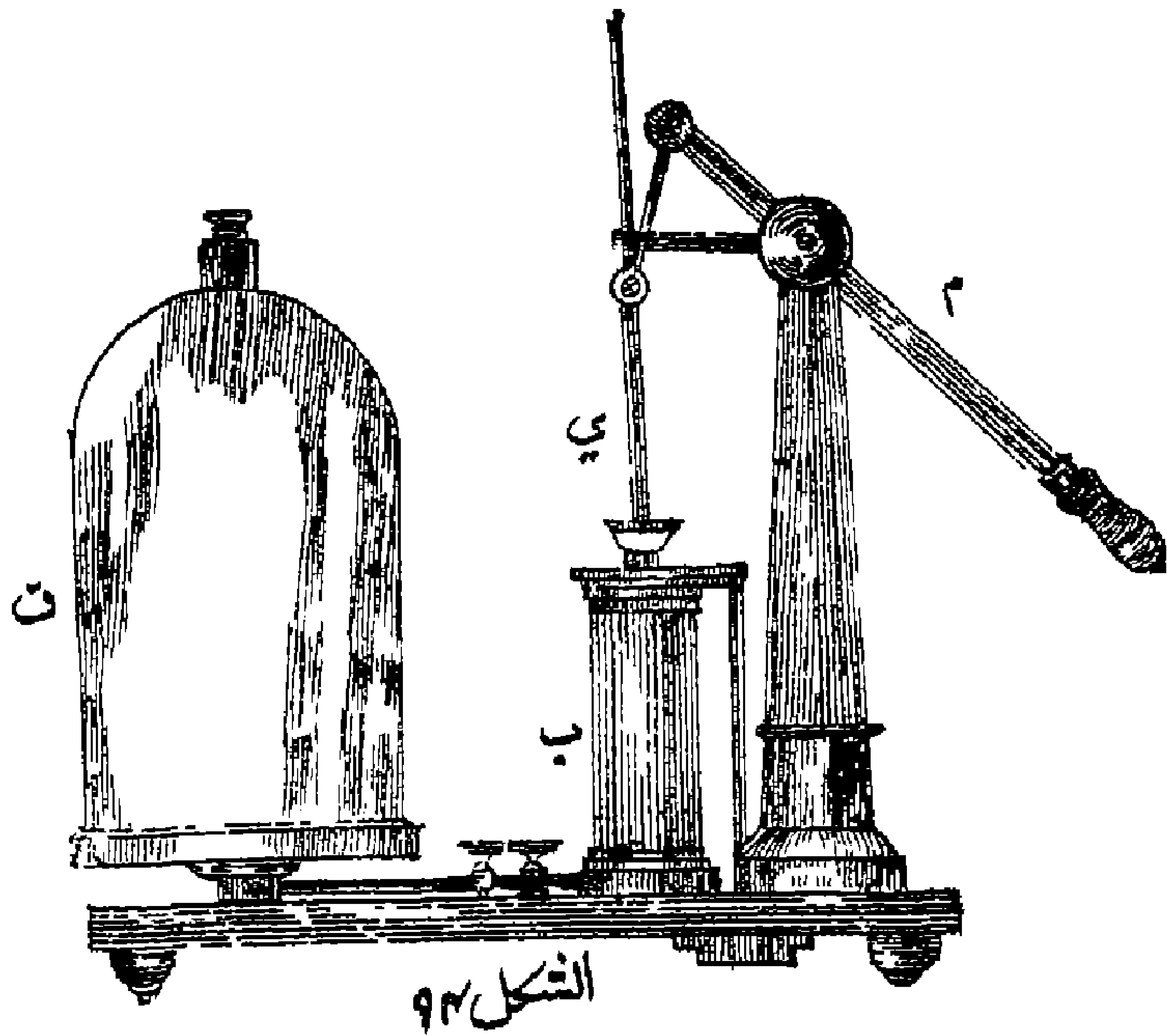
(١٥٨) مفرّغة الهواءِ — قلنا ان الهواءَ يملأُ ما كان فارغًا على الارض فاذا اردنا ان نفرّغ الاجسام منهُ لم نستطع ذلك بكبّها كما انّا لا نستطيع ان نفرّغ الآنية من الماءِ كذلك وهي مغموسة فيهِ. ولذلك احتال العلاَّمة أُطوفن كركي على تفريغه بآلة اخترعها سنة ١٦٥٠ وتسمّى مفرّغة الهواء. اخصُّ اجزائها ظاهر في الشكل ٩٣ فالحرف ق وعاء من زجاج يعرف بالقابلة. موضوع على صفيحة ملساءَ غ وب اسطوانة و س انبوبة تصل بين القابلة والاسطوانة



الشكل ٩٣

وم مصراع ينطبق على طرف الانبوبة المتصل بالاسطوانة وينفتح الى الاعلى وف مدلكة ينزل ويرفع داخل الاسطوانة باحكام وفيه مصراع مَ ينفتح الى الاعلى ايضا

اما كيفية تفريغ الهواء بها فكما ترى: اذا فُرض ان المدلكة فى اسفل الاسطوانة وان المصراعين منطبقان فحينما يرفع المدلك بانزال يد المفرغة يرتفع حاملاً الهواء الذى عليه ويبقى ما تحتُه من الاسطوانة فارغًا. فيتمدّد الهواءُ الذى فى القابلة وفى الانبوبة س كما سياتى (عد ١٦١) ويرفع المصراع م ويدخل الى ما تحت المدلكة فيملأُ الفراغ. ثم ينزّل المدلكة برفع يد المفرّغة فيضغط الهواءَ الذى تحتُه والهواء يضغط المصراع م الى الاسفل فيطبقهُ ويضغط المصراع مَ الى الاعلى فيفتحهُ ويخرج منهُ. واما سبب ضغطهِ للمصراع الاعلى فلان الهواء كالماء يوصل الضغط الى الاعلى والاسفل وبقية الجهات بالسواء (عد ١١٣) ثم يُرفَع المدلك ثانيةً فيفرّغ الهواءُ من الاسطوانة على ما تقدّم فيأتى مكانه هواء من القابلة ايضًا على طريق المصراع م. وينزّل ثانيةً فينفتح المصراع مَ فيجد الهواء منفذًا منه وهلم جرًّا. فيتفرّغ الهواءُ من القابلة شيئًا فشيئًا بتنزيل المدلك ورفعه حتى يصير على غاية اللطافة ولا يعود يقدر على رفع المصراعين. فتفرّغ القابلة من الهواء الا قليلا ويقاس مقدار تفرغها بالمقياس ل على الجانب الايسر من القابلة ق الذى هو فى فراغ يتصل بفراغ الانبوبة س كما ترى. فان المقياس هو انبوبة من الزجاج الملتوية الموضوعة ضمن قابلة اخرى من زجاج عن يسارق. شعبتها اليسرى مسدودة ومملوءة زئبقًا واليمنى فارغة مفتوحة فمتى فرغ الهواءُ من الآلة يتفرّغ من قابلة المقياس فيخفّ الهواء فى شعبته اليمنى ويأذن للزئبق بالصعود فيها فيعرف مقدار التفريغ من علو الزئبق فى شعبة المقياس اليمنى المقسومة بخطوط الى اقسام متساوية فلو استوى سطحا الزئبق فى الشعبتين لكان التفريغ تامًّا ولكن ذلك لم يتوصلوا اليهِ بهذه الآلة. وهذه صورة المفرّغة كما هي



الشكل ٩٣

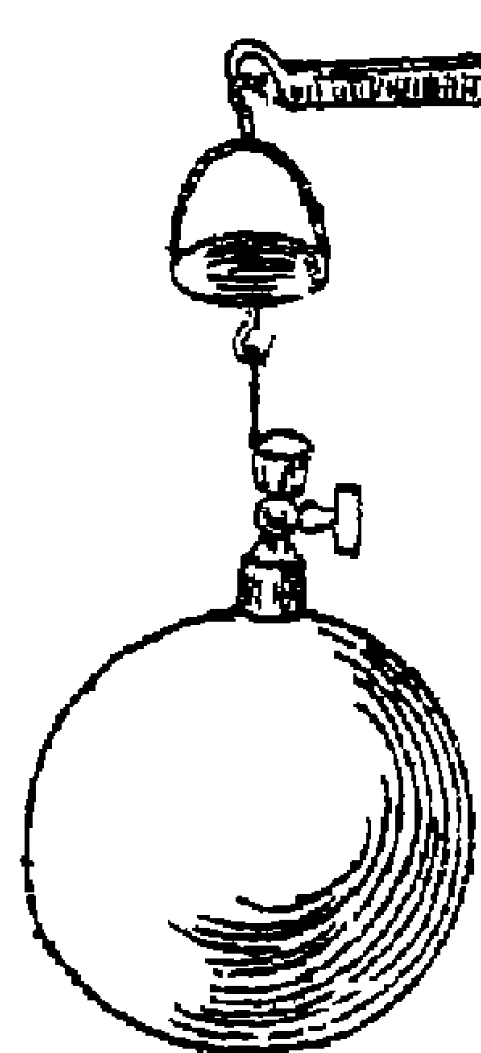
(الشكل ٩٣) م اليد وى المدارة ب الاسطوانة ن القابلة

اذا وضعنا جسماً مشتعلاً كجمرة نار او قنديل متقد فى قابلة وفرّغنا الهواء منها ضعف نوره شيئاً فشيئاً كلما تلطّف الهواء حتى ينطفئ وذلك لقلة الاكسجين الذى هو علة اشتعاله. واذا وضعنا حيواناً وفرّغنا الهواء مات فان كان من ذوات الثدى او طائراً اسرع موته وان كان من السمك او الزحّافات ابطأ وان كان من الحشرات كالصرصور بقى حيّاً بضعة ايام بعداً لاحتياج ذلك الحيوان الى الاكسجين الذى تقوم الحياة به. واذا وضعنا اجساماً خفيفة وثقيلة فى طرف انبوبة طويلة وفرغنا الهواء منها وقلبناها نزلت كلها الى الطرف الآخر فى وقت واحد كما مرّ (عد ٦٣) واعلم ان جميع الاجسام النباتية والحيوانية تنحلّ وتفسد من فعل الاكسجين بها وقيل من غير ذلك. فتمكنوا بمفرّغة الهواء من حفظ الاطعمة من الفساد وذلك بوضعها فى اوعية وتفريغ الهواء منها وسدّها سدّاً محكماً يمنع الهواء من الدخول اليها

الفصل الثانى

فى صفات الهواء

(١٥٩) الثقل — الهواء جسم كسائر الاجسام ومن صفاته الثقل ودليل ذلك اننا اذا افرغنا قنينة تسع ١٠٠ قيراط مكعب من الهواء وعيرناها (الشكل ٩٥) ثم فتحناها حتى يدخل الهواء اليها تثقل وترجح على العيار ولا ترجع الى الموازنة الا بعد ما يزاد على العيار الاول عيار ٣١ قمحة . اذ ان ثقل مائة قيراط مكعب من الهواء ٣١ قمحة . وكذلك وجد ان ثقل مئة قيراط مكعب من الحامض الكربونيك ٤٧٫٢٥ من القمحة ومن الهيدروجين اخف الغازات ٢٫١٣ من القمحة وان ثلاثين قمحة من الماء اثقل من ثلاثين قمحة من الهواء ٧٧٠ مرة

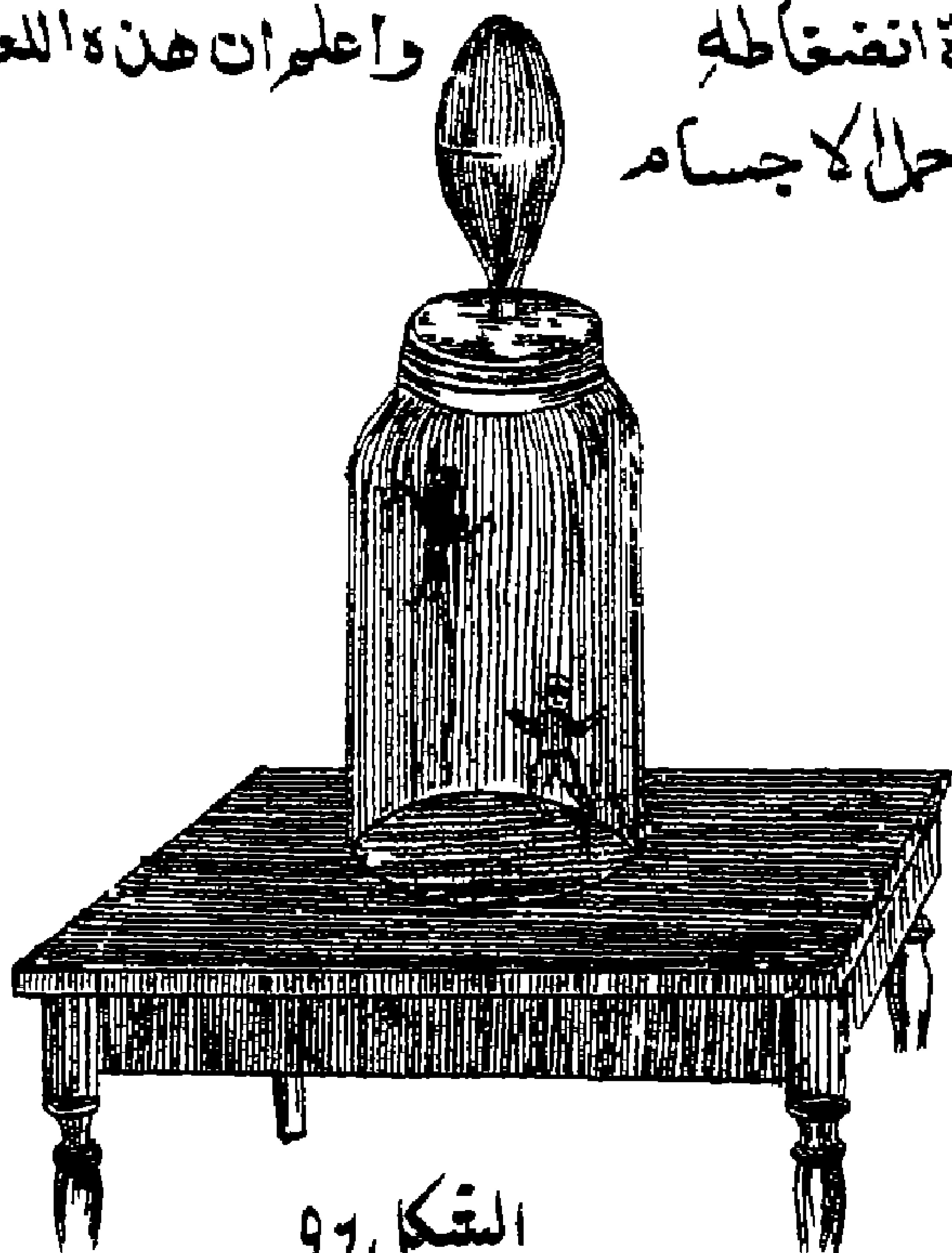


الشكل ٩٥

(١٦٠) المرونة والانضغاط — ومن صفات الهواء ايضًا المرونة والانضغاط ويظهر ذلك من لعبة للصبيان تعرف عند العامة بالفقاعة وهي عود صغير من السيسبان ونحوه ينزع لبه ويدخل فيه مدك . ثم يصنع له هنتان من الكتيت وتدخل فيه احداها بالمدك كرهًا من احد الطرفين الى الآخر . ثم تدخل الاخرى وراءها كذلك . فمتى اقتربت اليها ينضغط الهواء بينهما فتزيد قوة مرونته ويدفع الهنة السابقة بفرقعة شديدة . وكذلك اذا ادخل مدك في انبوبة متينة ادخالًا محكمًا فلا يمكن ان يمس قعرها مهما كان

الشدّ عليهِ لان الهواءَ يبقى بينهما وكلما انضغط زادت مرونتهُ حتى يشعر بهِ تحت المدك لينًا مرنًا كالزنبرك او المخدَّة الرخفة

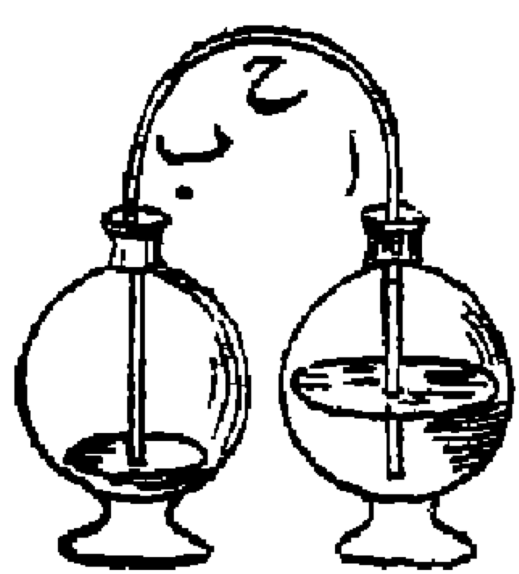
ومما يوضح ذلك لعبة اسمها عفاريت القيلنة (الشكل ٩٦) فالعفاريت فيها اشخاص من الزجاج مجوّفة ومثقوبة من اذنابها توضع فى قنينة ملآنة ماء وفى اعلاها وعاء مرن يمنع الهواء . فلخفّة العفاريت تطفو على الماء حتى يضغط الوعاءُ الذى على القنينة فيخرج الهواءُ منهُ ويضغط الماءَ فيوصل الماءُ الضغط الى الهواء الذى فى اجواف العفاريت فينضغط ويصغر حجمهُ فيدخل الماء فى اجوافها فيزداد ثقلها فتغوص . ثم اذا ارتفع الضغط عن الوعاء المرن يرجع الهواءُ اليهِ فيرتفع الضغط عن الماء وعن الهواء الذى فى جوف العفاريت فيتمدّد ويطرد الماءَ منها فتخفّ وتصعد حتى تطفو كما كانت . وكلما اقتربت العفاريت من قعر القنينة سهل تحريكها حتى انه اذا احسن العامل الاعتناء فى تحريكها جعلها تبدى من الحركات ما تبديهِ المخلوقات الحيّة المتحركة بارادتها . وقد تبدل العفاريت بسمك وغيره — فيستدلّ من كل ذلك ان الهواءَ مرن وقابل للانضغاط وان مرونته تزيد بزيادة انضغاطهِ واعلم ان هذه اللعبة تصلح لاظهار قوَّة السائلات على حمل الاجسام



الشكل ٩٦

وايصالها الضغط الى كل الجهات وزيادة ضغطها بزيادة العمق وايضاح مبدأ سطحية بارِكر مما ذُكر فى السائلات ولا حاجة الى اعادة ذكره هنا

(١٦١) التمدّد — ومن صفات الهواء التمدّد ويتضح ذلك بما يأتى : خذ زقًّا ناشفًا وسدّهُ بحنفيّة سدًّا محكمًا تاركًا فيه قليلًا من الهواء . ثم ضعهُ فى قابلة وفرّغ الهواء منها فيتمدّد الهواءُ فيهِ عند ما يرتفع عنهُ ضغط الهواء الذى كان فى القابلة فينتفخ وربما انشقّ من تمدّد الهواء فيهِ وضغطه له(١)



الشكل ٩٧

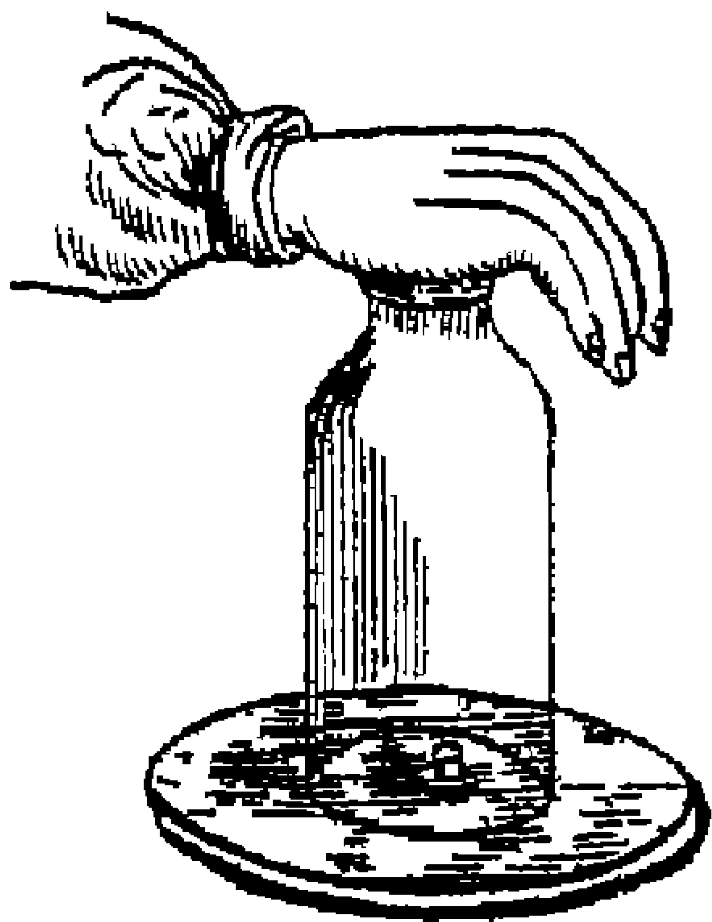
او خذ قنينتين ا و ب فى الشكل ٩٧ وضع فيهما قليلًا من الماء الملوّن ثم ادخل فيهما انبوبة منحنية ح وليكن ادخالها فى ب محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها وليس كذلك فى ا ثم ضع الكلّ فى قابلة وفرّغ الهواء منها فعند ارتفاع ضغط هذا الهواء عن الهواء الذى فى ا يتمدد فيضغط هواءُ ب الماء الذى تحتهُ ويطردهُ فى الانبوبة الى ا . واذا رُدَّ الهواءُ الى القابلة يضغط الهواءُ الذى فى ا فيرجع الماء منها الى ب ردًّا للموازنة . وبتكرار العمل يُطرد الماءُ من قنينة الى أُخرى حسبما يرام

(١) بيّن الفيلسوف اسحق نيوتن انهُ لو ابعد قيراط كروى من الهواء اربعة آلاف ميل عن الارض لتمدّد حتى اشغل دائرة محيطها اوسع من فلك زحل الذى قطرهُ اكثر من ٢٦٨٠٠٠٠٠٠٠ ميل

الفصل الثالث

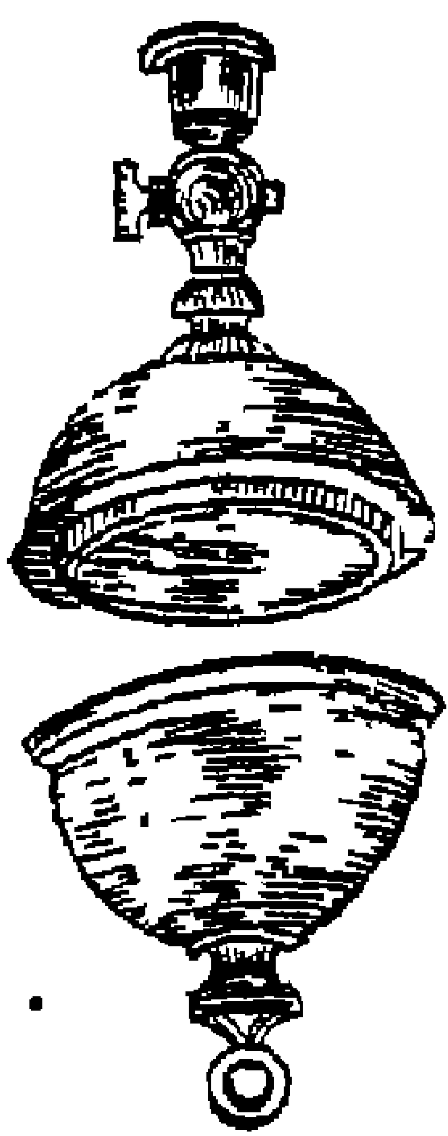
فى ضغط الهواء

(١٦٢) يظهر ضغط الهواء مما يأتى: خذ قنينة لا قعر لها وضعها على صفيحة مفرّغة الهواء. وضع يدك على فمها كما ترى فى الشكل ٩٨ وفرّغ الهواء منها فترى ان بعض كفّك قد دخل فى فمها من ضغط الهواء الخارجي ليدك. او اربط على فم القنينة قطعة من مثانة طريّة مرطّبة وعندما تجفّ فرّغ الهواء من القنينة فتتمزّق المثانة ارباً من شدّة ضغط الهواء لها. وما دام الهواء داخل القنينة فلا تتمزق المثانة لان ضغطهُ يضادُّ ضغط الهواء الخارجي ويساويهِ فيفني احدهما الآخر ولا يظهر تأثير الواحد الّا بزوال تأثير الآخر



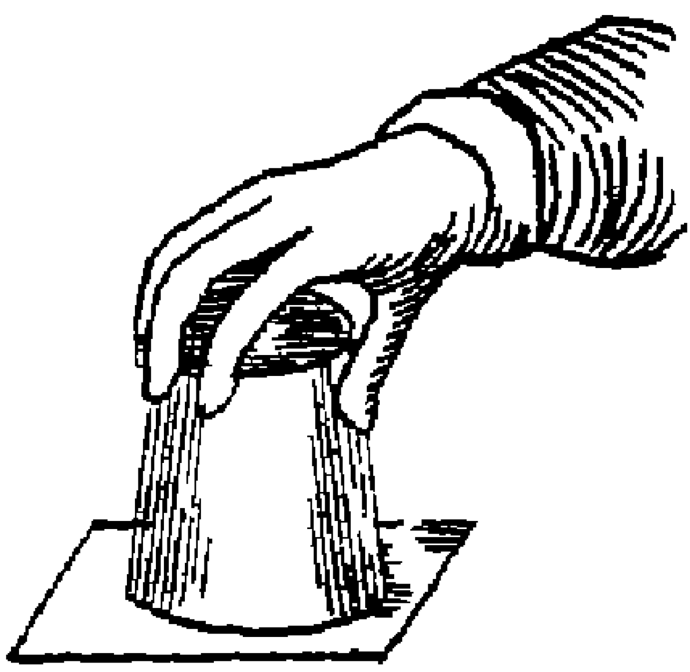
الشكل ٩٨

(١٦٣) كاسا مكدبرج — ظهر مما سبق ان الهواء يضغط نازلاً وهو يضغط الى كل الجهات كما يظهر من كاسى مكدبرج. وهما نصفا كرة يركبان معاً (الشكل ٩٩) اخترعهما اُطو فن كوكي المكدبرجي فاضيفا الى اسم بلدته. فاذا ركّبت احداهما على الاخرى وبقي الهواءُ فيهما ينفكّان بسهولة واما اذا فرّغ الهواءُ منهما وسدّت الحنفية المتصلة باحداهما حتى لا يدخلهما الهواءُ فلا يفكّهما الّا جماعةٌ من الرجال



الشكل ٩٩

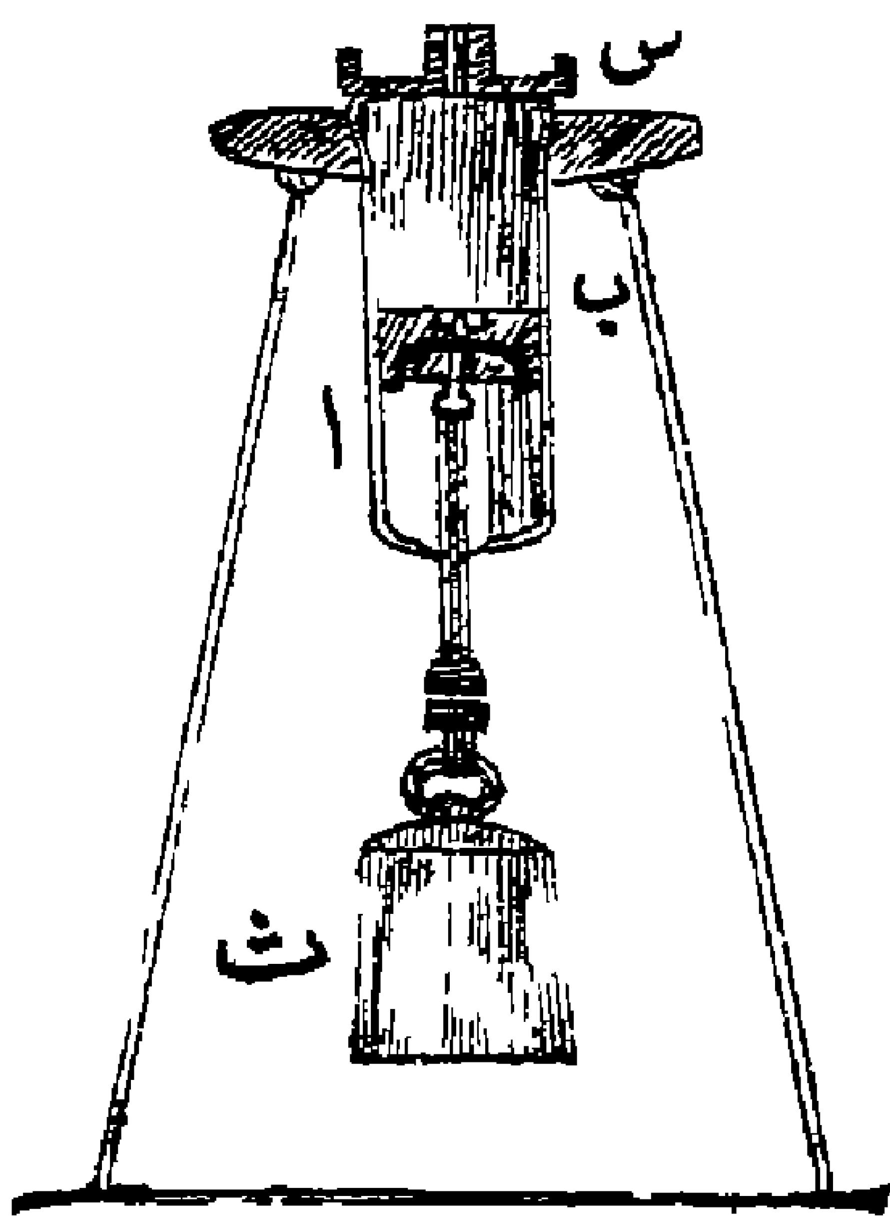
يشدّون معًا من ضغط الهواء الخارجي لهما (١). ولا فرق فى الضغط سواء كان وضعها كما فى الصورة او خلافهُ



الشكل ١٠٠

ويتضح ضغط الهواء صاعدًا مما يأتي املأْ كأسًا ماء وضع على فمها قطعة من القرطاس ثم اقلبها عاجلًا (الشكل ١٠٠) فتبقى قطعة القرطاس على فمها ولا ينصبّ الماءُ منها لان الهواءَ يضغطها صاعدًا و ويظهر ضغط الهواء صاعدًا من الشكل ١٠١ وهو اسطوانة من الزجاج فى داخلها مدك نازل فيها نزولًا محكمًا ومعلّق به الثقل ث نتركز الاسطوانة وتوصل بمفرغة الهواء بواسطة حيّة من المغيط تدخل فى س فمتى فُرّغ الهواءُ منها يضغط الهواءُ الذى فى الخارج المدك من اسفل صاعدًا فيرتفع ويرفع الثقل معهُ فيلبث الثقل معلقًا كأنهُ معلّق بصنارة او نحوها

(١٣٤) قوّة الهواء على حمل الاجسام



الشكل ١٠١

كما تطفو الاجسام فى الماء بحمله لها تطفو فى الهواء ايضًا بحمله لها جارية على ناموس ارخميدس (عد ١٣٠) وذلك كثير المشاهدة فالدخان والسحاب يعومان فى الهواء كما يعوم الخشب على الماء لانهما اخفّ منه و يحملان عليه بقوّة تساوي ثقل الهواء الذى يحلّان محلّهُ

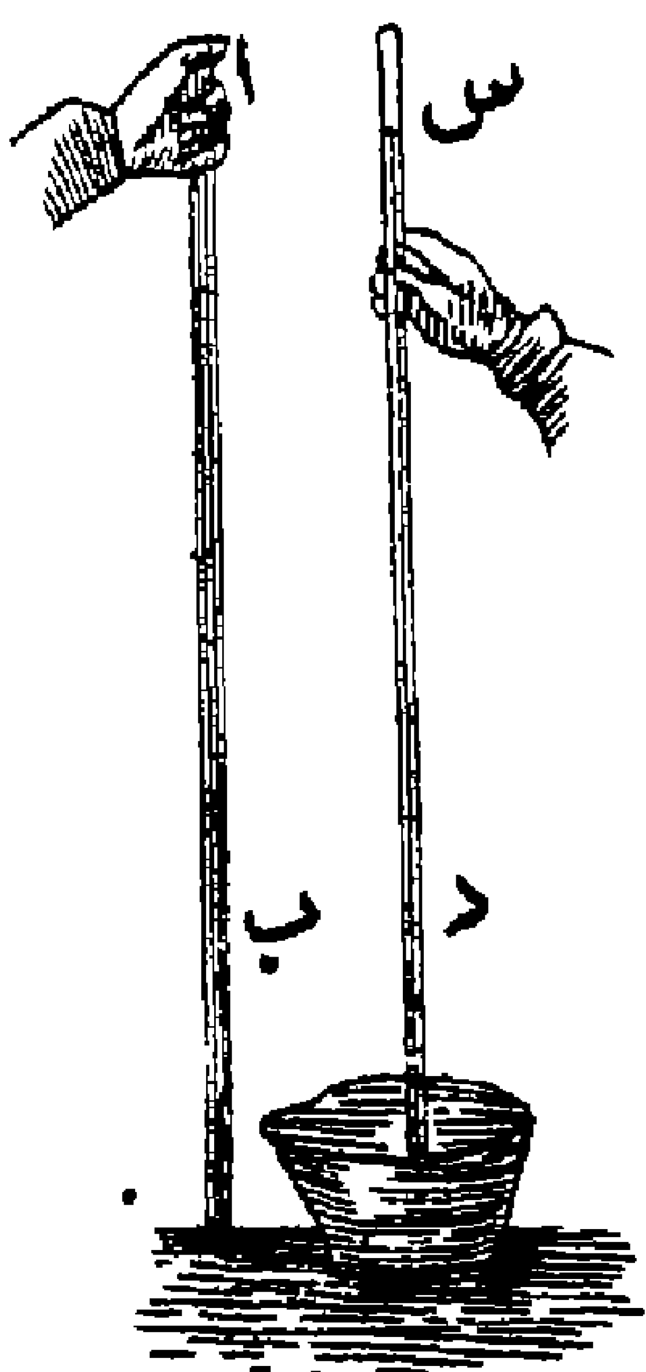
يتبيّن ذلك مما يأتي: خذ كرة مجوفة من النحاس وضعها فى طرف ساعد

(١) يقال ان اطوفن كركى المذكور صنع كاسين قطر كل منهما قدمان ثم ركبهما وفرّغ الهواء منهما فلم تنفك الواحدة عن الاخرى حتى ربط الى كل منهما ستة احصنة وجعلها تشدّ الى جهتين متضادتين

من ساعدي الميزان وعلق بطرف الساعد الآخر عيار يوازنها تماماً في الهواء. ثم ادخلهما والعيار الى قابلةٍ فيبقيا متوازنين ما دام الهواء في القابلة. واما اذا تفرغ منها فترجح كرة النحاس. وما ذلك الا لان الهواء كان حاملاً بعض ثقلها بقوته على حمل الاجسام فلما زال الهواء زاد ثقلها على ثقل العيار لانها اكبر منه حجماً فهبطت وارتفع

(١٦٥) مقدار ضغط الهواء — علمنا مما تقدم ان الهواء يضغط الاجسام بثقله والآن نقول ان مقدار ذلك الضغط يساوي ضغط عمود من الزئبق علوه ثلاثون قيراطاً او عموداً من الماء علوه نحو ٣٤ قدماً. وبعبارة اخرى ان الهواء يضغط كل قيراط مربع من سطح الارض بثقل ١٥ ليبرا وذلك ما يقال له ثقل جلدٍ واحد لقيراط مربع

لم يعرف شيء من ذلك حتى كشفه طورشلي الايطالي سنة ١٦٤٣ كما يأتي: اخذ انبوبة من الزجاج طولها نحو ثلاث اقدام مفتوحة الطرفين وشد على احد طرفيها جلدة لينة رطبة وتركها حتى جفت جيداً ثم ملأ الانبوبة زئبقاً وسد طرفها الآخر المفتوح باصبعه كما ترى في الشكل ١٠٢ وقلبها في وعاء مملوء زئبقاً ايضاً فهبط الزئبق في الانبوبة حتى استقر عند س على علو نحو ثلاثين قيراطاً من سطح الزئبق الذي في الوعاء وبقي ما فوق الزئبق من الانبوبة فارغاً من الهواء فسمي فراغ طورشلي. واما السبب في استقرار الزئبق على هذا الارتفاع فهو ان الهواء يضغط الزئبق الذي في الوعاء وهذا الزئبق يسند العمود الذي عليه فيبقيه على ارتفاع ٣٠ قيراطاً. وهذا هو المراد من قولنا ان ضغط الهواء للاجسام يساوي ضغط عمود



الشكل ١٠٢

من الزئبق علوّهُ ۳۰ قيراطًا. فاذا كانت مساحة سعة الانبوبة قيراطًا واحدًا فثقل الثلاثين قيراطًا التي فيها من الزئبق ۱۵ ليبرا ولذلك يكون ضغط عمود الزئبق الذي مساحتهُ قيراط وعلوّهُ ۳۰ قيراطًا ۱۵ ليبرا لكل قيراط مربع من الزئبق الذي تحتهُ. ولما كان هذا العمود يوازن عمودًا من الهواء مساحتهُ كمساحته في الغلظ وعلوّهُ من سطح الارض الى اعلى الجلد فضغط عمود الهواء هذا ۱۵ ليبرا لكل قيراط مربع من سطح الارض

ثم ان الزئبق اثقل من الماء ۱۳٫۶ مرة فعمود الزئبق المذكور يوازن عمودًا من الماء غلظه كغلظه وعلوّه ۱۳٫۶ مرة اعظم من علوّه فيكون علوّه ۳۰ قيراطًا في ۱۳٫۶ وذلك يساوي ۳۴ ۳/۵ القدم. وهو المراد من قولنا ان ضغط الهواء يساوي ضغط عمود من الماء علوّهُ نحو ۳۴ قدمًا

(۱۶۶) تجربة پاسكال قلنا ان سبب استقرار عمود الزئبق على علو ۳۰ قيراطًا هو ضغط الهواء لسطح الزئبق الذي في الوعاء وذلك اثبتهُ العلامة پاسكال بالتجربة. قال اذا كان الهواء هو الذي يسند عمود الزئبق فيبقيه على ارتفاع ۳۰ قيراطًا على سطح الارض فاذا صعدنا الى محلّ عالٍ فلا بدَّ من هبوط هذا العمود لان الهواء يخفُّ في الاعلى فلا يوازن ما يوازنه على سطح الارض. وطلب الى بعض اقربائه ان يجرّب ذلك في محلّ عالٍ فجرّب به فهبط عمود الزئبق ثلاثة قراريط فصار علوّه ۲۷ قيراطًا فقط. ثم جرّب پاسكال ذلك بسوائل أُخرى كالماء والزيت فطابق حدسهُ الواقع وادرج بين اليقينيات المثبتة

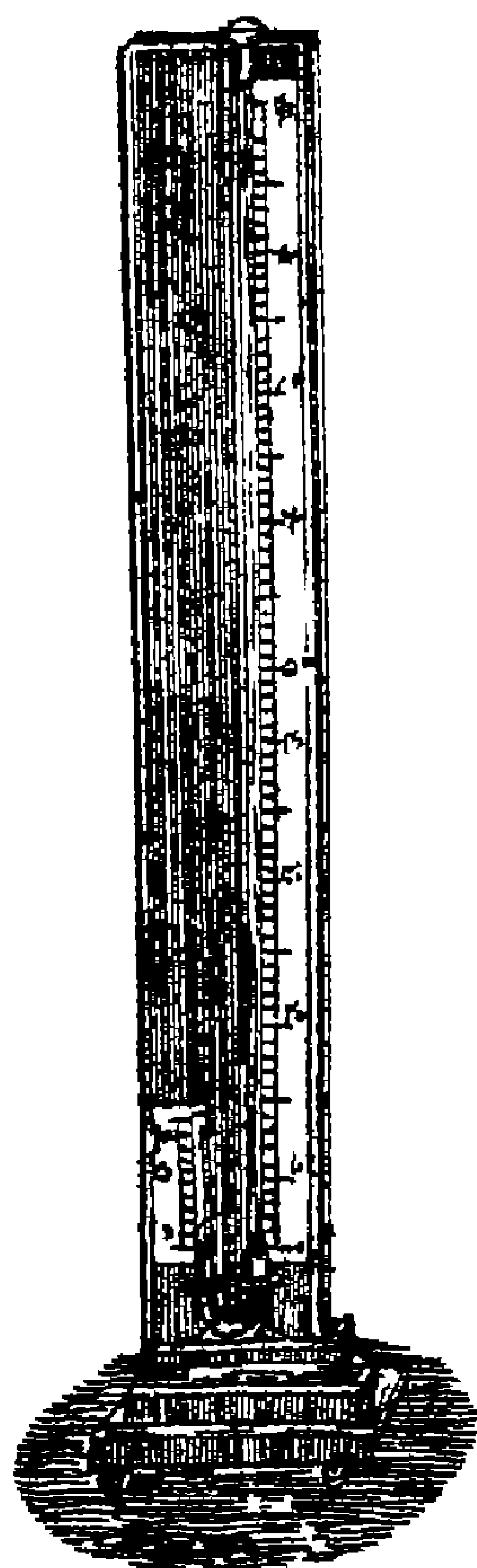
(۱۶۷) تغيُّر ضغط الهواءِ نحن في قعر بحرٍ من الهواءِ كسمكٍ في قعر بحرٍ من الماءِ لجّهُ تغمرنا وامواجهُ تجيش وتتلاطم فوق رؤُوسنا. الّا ان امواجهُ اعظم من امواج البحر جدًّا واضطرابهُ اعظم من اضطرابهِ بكثير. وذلك لان دقائقهُ لما كانت سهلة الحركة بعضها على بعض بسبب ضعف جاذبية الملاصقة بينها

فادنى سبب يحرّكهُ ويهيجهُ كتغيّر الحرارة والرطوبة ونحوهما من الاسباب . فلذلك يتغيّر ضغط الهواء وبتغيّره يتغيّر ارتفاع عمود الزئبق او الماء او السائل الآخر الذى يوزنه فيطول تارةً ويقصر اخرى . فاذا صعدنا بعمودها الى رأس جبل قصر لان ضغط الهواء اقلّ هناك واذا اهبطنا به الى بطن وادٍ طال لان ضغط الهواء اكثر هناك بسبب تراكمه كما ان ضغط الماء يقلّ بقلّة العمق ويزيد بزيادته (عد ۱۲۱) واذا وقفنا به على شاطئ البحر يكون طوله ۳۰ قيراطًا اذا كان زئبقًا وكانت حرارة الهواء ۶۰ فارنهيت ويكون ۳۳ القدم اذا كان ماءً وكانت حرارة الهواء °۶۰ ف ايضًا . فيجعل طول العمود على شاطئ البحر ودرجة الحرارة المذكورة محطًّا ثابتًا ويقاس منهُ مقدار الارتفاع والهبوط . والخلاصة ان ضغط الهواء يتغيّر بتغيّر الحرارة او الرطوبة التى فيه او بالارتفاع او بالانخفاض عن مساواة سطح البحر ويقاس تغيّرهُ بالعمود الزئبقى

(۱۶۸) ناموس مريت ويُعرف بناموس بويل ايضًا . هو انهُ اذا بقيت حرارة الهواء على حالها فحجم مقدار من الهواء يتغيّر بالقلب كالضغط عليه . فاذا كان حجمهُ قدمًا مكعبةً والضغط عليه رطلاً يصير حجمهُ ½ قدم مكعبة اذا صار الضغط رطلين لان مقلوب ½ هو ½

ولبيان ذلك تؤخذ انبوبة ملتوية كما فى الشكل ۳۱ ساقها الواحدة طويلة مفتوحة الطرف والاخرى قصيرة مسدودته ويُصبُّ فيها زئبق حتى يبلغ علامة الصفر فى كلتا الساقين فيكون ارتفاعهُ متساويًا ويثبت كذلك متوازنًا . ولما كان ضغط الهواء للزئبق الذى فى الساق الطويلة يساوى ضغط عمود من الزئبق طوله ۳۰ قيراطًا كما تقدّم فضغط الهواء المحصور فى الساق القصيرة للزئبق الذى تحته لا يوازنهُ الا لانهُ يساوى ضغط ۳۰ قيراطًا من الزئبق

ايضًا . فان هذا الهواء وان يكن صغير الحجم فهو مضغوط ومرن جدًّا فيُضغط الزئبق بقوة مرونته بقدر ما يضغط الهواءُ الخارجي الزئبقَ الذى فى الساق الطويلة



الشكل ۱۰۳

ثم انّا اذا ازدنا الزئبق حتى يصير علوّه فى الساق الطويلة ۳۰ قيراطًا اى حتى يبلغ علامة ۳۰ تضاعف مقدار الضغط لان ضغط الهواء يساوى ۳۰ قيراطًا من الزئبق كما تقدَّم وقد زدنا عليه ۳۰ قيراطًا اخرى . فحينئذ يرتفع الزئبق فى الساق القصيرة الى علامة الخمسة وذلك لان الهواء الذى كان شاغلًا ما بين صفر وعشرة منها قد صغر حجمهُ الى نصف ما كان عليهِ بتضاعف ضغط العمود الموازن له فصار يشغل ما بين خمسة وعشرة فقط . وكذلك اذا صار الضغط ثلاثة اضعاف فى الساق الطويلة صغر حجمهُ الى ثلث ما كان فى الساق القصيرة وهلمَّ جرًّا[1]

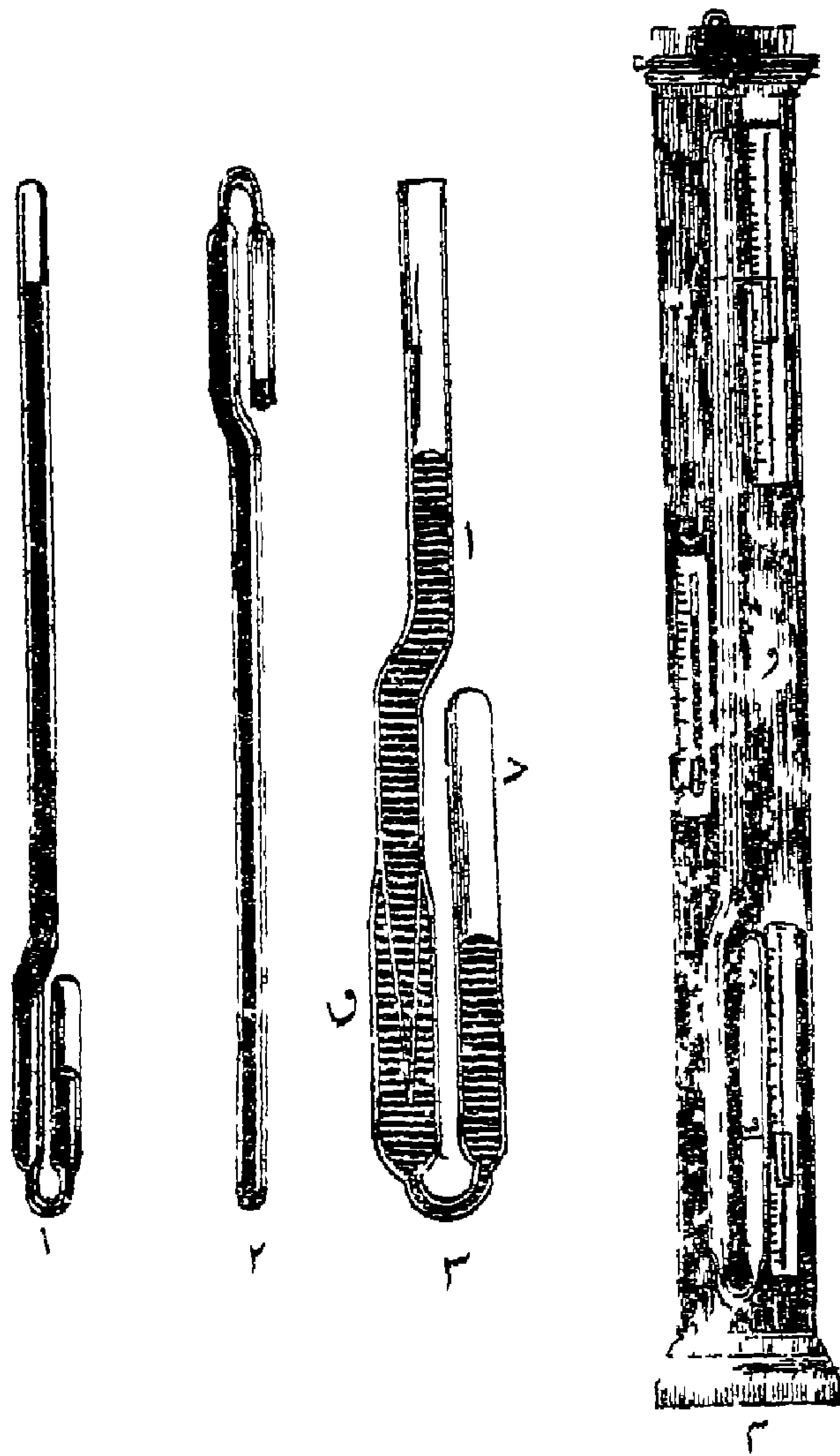
(۱) وجد بعض المدققين ان ناموس مريت لا يصدق تمامًا على الغازات اذا تعاظم الضغط بل يختلف . ولكن هذا الاختلاف زهيد لا يعبأ بهِ فى اكثر الاعمال المعتادة

الفصل الرابع

فى البارومتر وثقل الجلد

(١٠٩) البارومتر الزئبقى - قد تقدم (عدد ١٤٧) ان ضغط الهواء للاجسام لا يلزم حالا واحدة بل يزيد وينقص لاسباب شتى. وقد اخترعوا لقياس زيادته ونقصانه آلة سموها البارومتر وهى انواع منها البارومتر الزئبقى. فهذا مؤلف من انبوبة وكأس فيها زئبق كما رأيت فى الشكل ١٠٢ فيركبان معًا ويوصل بالانبوبة مقياس مقسم قرار يطوا عشار القيراط وترمومتر (مقياس الحرارة) لمعرفة حرارة الزئبق ويحفظ الكل فى محفظة. وهو اشكال كثيرة نذكر منها شكلاً واحدًا يسمى بارومتر كاى لساك. فهذا يستعمل فيه انبوبة زجاج ملتوية احدى شعبتيها اطول كثيرًا من الاخرى. والشعبة الطولى المسدودة عند راسها مملوءة زئبقا اذ الشعبة القصرى المفتوحة تتخذ كالكأس فى البارومتر الزئبقى والفرق بين السطحين هو ارتفاع البارومتر

الشكل ١٠٣ دايل على هيئة بارومتر كاى لساك. تلكى يجعله نافعًا. مناسبًا للسفر وصل بين الشعبتين واذا انقلب الآلة كما فى عدد ٢ تبقى الانبوبة دائما ملأى بدا عى كونها شعرية والهواء لا يقدر ان يلج الى الشعبة الطولى. على انه قد تفرق لطمة سريعة بغتةً بين اجزاء الزئبق وتكون فرصة للهواء ان يدخل قليل منه اليه. فاحتياطًا لذلك اضاف المستر بنطن تدبيرًا انيقًا الى الآلة فان الشعبة الطويلة منتهية الى الرأس



الشكل ١٠٣

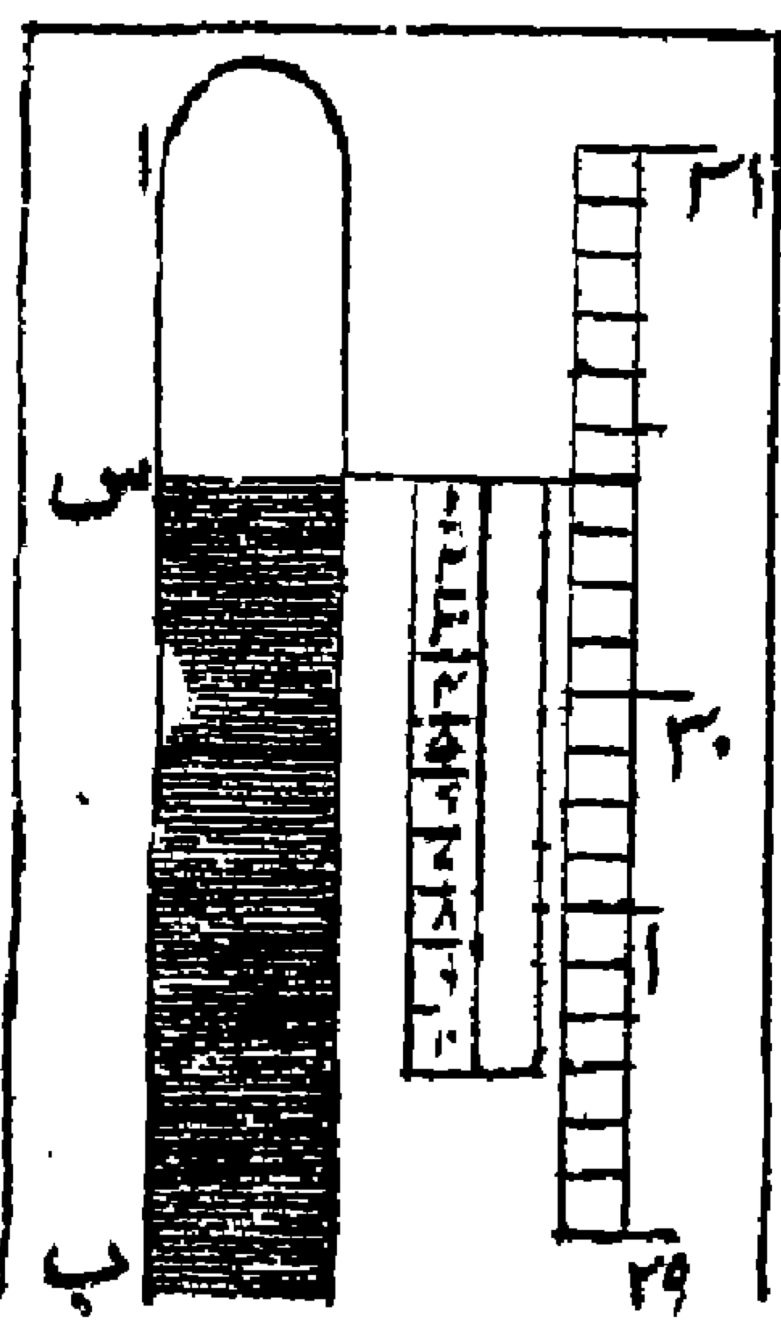
مستدق وملتحمة بالانبوبة وكما ترى عدد ٣

فعلى هذا النمط اذا اجتاز الهواء فى الانبوبة الشعرية لا يقدر ان يخترق الطرف الاسفل الدقيق من الشعبة الطولى بل يقيم فى الجزء الاعلى من الانبوبة الوسيعة وبذلك يمتنع تأثيرا لهواء فى انتظام صعود الزئبق اذ يبقى الجزء الاعلى من الانبوبة خاليا من الهواء وفضلا عن ذلك يمكن ازالته بسهولة

فى بارومتر كاى لسّاك الشعبة القصرى مسدودة ولكن فى جانبها ى ثقبا دقيقا منه ينفذ الهواء الى داخلها فيضغط على الزئبق

اما العلو البارومتري فيتعين بواسطة مقياسين لهما صفر مشترك عند وعدد ٣٤ نحو منتصف الشعبة الطولى مقسومين الى جهتين مختلفتين احدهما من و الى ا والآخر من و الى ب اما على الانبوبة نفسها او على افاريز نحاسية موازية للانبوبة. وفي جانب المقياسين مدققان (فرنيران) دو ذيد لأن على اعشار المليمتر. وكل ارتفاع البارومتر هو مجموع البعدين من و الى او من و الى ب

اما المدقق فهو ما يتصل بالمقياس المقسم ويتحرك على محاذاته الى الاعلى والاسفل. فتُعرف منهُ اجزاء المئة من القيراط كما يأتي. ليكن ب س في الشكل ١٠٥ اعلى عمود الزئبق في البارومتر و ٢٩ و ٣٠ و ٣١ الى يمينه المليمترات او القراريط على المقياس المقسم مقسومًا كل منها الى عشرة اقسام. ولنفرض ان كل ١٠ اقسام من المدقق عن يسار هذه الاقسام تساوي ١١ قسمًا منها فيزيد كل قسم من المدقق عُشرًا على كل قسم منها. ولما كان كل قسم منها عشر القيراط فتكون زيادة كل قسم من المدقق على كل قسم منها



الشكل ١٠٥

عشر عشر القيراط اي جزءًا من مئة من القيراط. فاذا اردنا ان نعرف ارتفاع العمود الزئبقي بالتدقيق نقول ان اعلاهُ واقع بين ٣٠,٣ و ٣٠,٤ القيراط. ثم نجعل اعلى المدقق مطابقًا لهُ وننزل حتى نجد المطابقة بين اقسام المدقق والمقياس وهي في الشكل عند ٨ فيكون ارتفاع الزئبق ٣٠,٣٨ من القيراط. وعلى هذا المنوال يقسم المقياس الى اجزاء من الالف ايضًا. فيُعرف تغيّر ضغط الهواء ولو كان جزءًا من الف جزء من القيراط

(۱۷۱) فائدة البارومتر - البارومتر يستعمل لامرين اهمهما الدلالة على الطقس والآخر قياس ارتفاع الجبال. اما الدلالة على الطقس فلا تؤخذ منه رأساً لانه انما يدل على تغيرات ضغط الهواء. وهذه التغيرات منها ما هو دوري فيحدث في ساعات معلومة من اليوم ومنها ما هو عرضي فلا يحدث في اوقات معلومة. فيستنتج حال الطقس من هذه التغيرات العرضية. والمعتاد ان يكون ارتفاع الزئبق دليلاً على حسن الطقس وهبوطه دليلاً على رداءته. وينتظر هبوب رياح شديدة او حدوث انواء اذا هبط الزئبق هبوطاً عظيماً فجائياً. ولكنّ دلالات البارومتر لا يجزم بصدقها وما ذكرناه منها اصدق مما سواه

واما قياس ارتفاع الجبال به فلانه كلما زاد الارتفاع خفّ ضغط الهواء (عد ۱۶۷) فيهبط الزئبق حتى يوازنه فيعرف مقدار الارتفاع من هبوط الزئبق بجداول مدققة مصنوعة لذلك

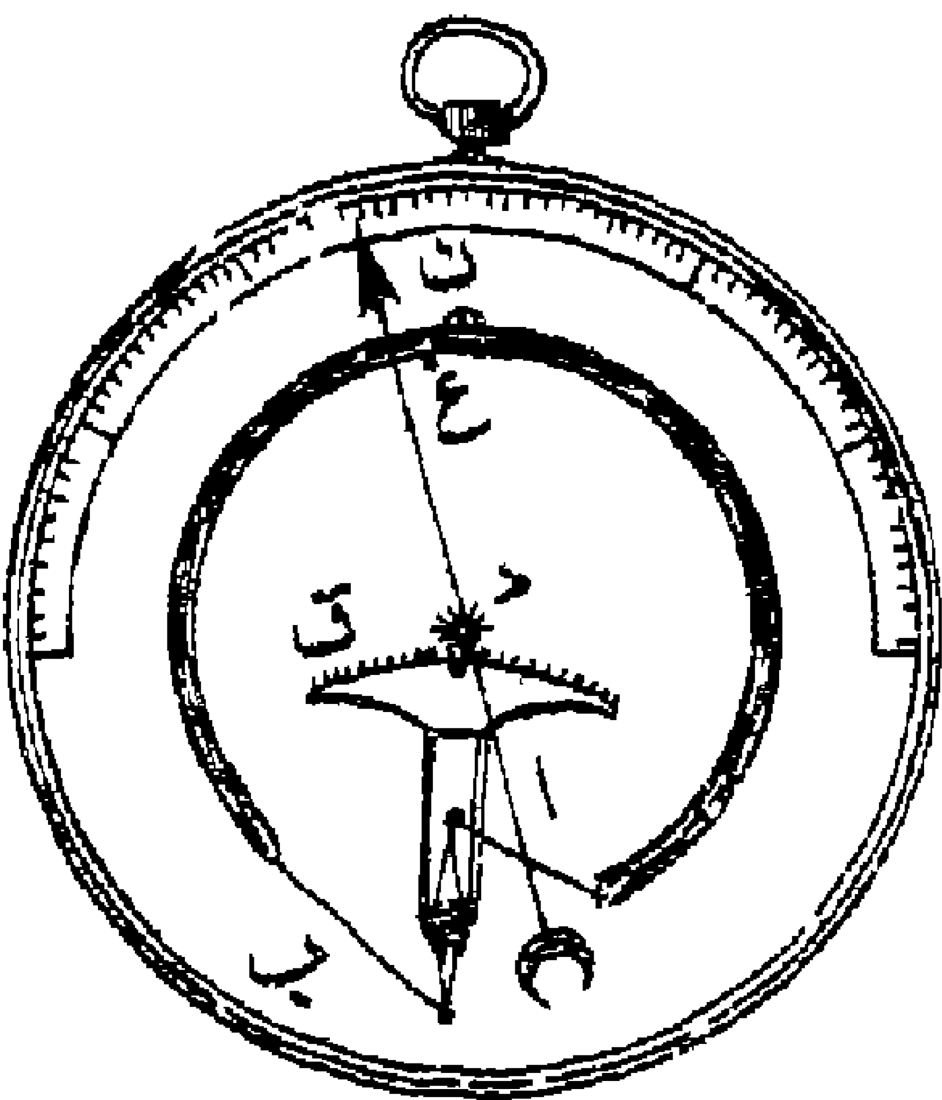
(۱۷۲) البارومتر المائي - من انواع البارومتر البارومتر المائي وهو مثل الزئبقي في مبدإه ولكن الماء ينوب فيه عن الزئبق وطول انبوبته ۳۴ قدماً اي نحو ۱۳ مرة طول انبوبة البارومتر الزئبقي

قيل ان اوّل بارومتر صُنع كان مائيًّا صنعه اطوفن كركي المكدبرجي صاحب الكاسين المعروفتين باسمه (عد ۱۶۳) فنصب انبوبة طويلة من حوض في قبو بيته الى سطح البيت. واوقف شخصاً من الخشب على وجه الماء في الانبوبة. فكان اذا احسن الطقس يرتفع الشخص بارتفاع الماء ويشرف على ما حوله من المساكن واذا تكدّر الطقس واقترب النوء ينزل ويختفي. وما زال يفعل ذلك في حينه حتى شعر اهل المدينة به وزعموا ان بين اطوفن كركي وبين الشيطان علاقة وانه يُصعد ذلك الشخص ايام الصحو وينزله ايام النوء

بعلم سابق من الشيطان فاشتكوا عليه واكرهوهُ على ابطاله

واعلم ان البارومتر الزيبقى يستحار على المائى لزيادة خفته واحتماله للبرد وقلة ما يتحول منهُ الى بخار بالنسبة الى ما يتحول من الماء. فقد وجد وانهُ اذا كانت الحرارة ٣٢° ف (وهى درجة الجليد) ينخفض الماءُ فى البارومتر المائى نصف قيراط بسبب ما يتحول عنهُ الى بخار واذا كانت الحرارة ٧٥° ينخفض ١٢ قيراطًا

(١٧٣) البارومتر المعدنيّ — ومن انواع البارومتر البارومتر المعدنيّ اخترعهُ رجل فرنساوى اسمه بوردون وهو سير رفيق اجوف من النحاس منحنٍ على شكل قوس دائرة. يُربط طرفاهُ او بشريط ويفرَّغ الهواءُ منهُ ويسدّ سدًّا هرمسيًّا[1] ويوضع فى علبة. فاذا زاد ضغط الهواء لهُ من الخارج انضغطت جدرانهُ الى الداخل واقترب طرفاهُ احدهما الى الآخر واذا نقص ضغط الهواء من الخارج ابتعد احدهما عن الآخر فمن تحركهما اقترابًا وابتعادًا اثر انتقال حركتهما على القوس المسنّنة ق ومنها على الدولاب دالى العقرب ع يتحرك العقرب يمينًا او يسارًا على ميناء مقسَّمة اقسامًا متساوية فتعرف منها تغيرات ضغط الهواء ومنها تغيّرات الطقس

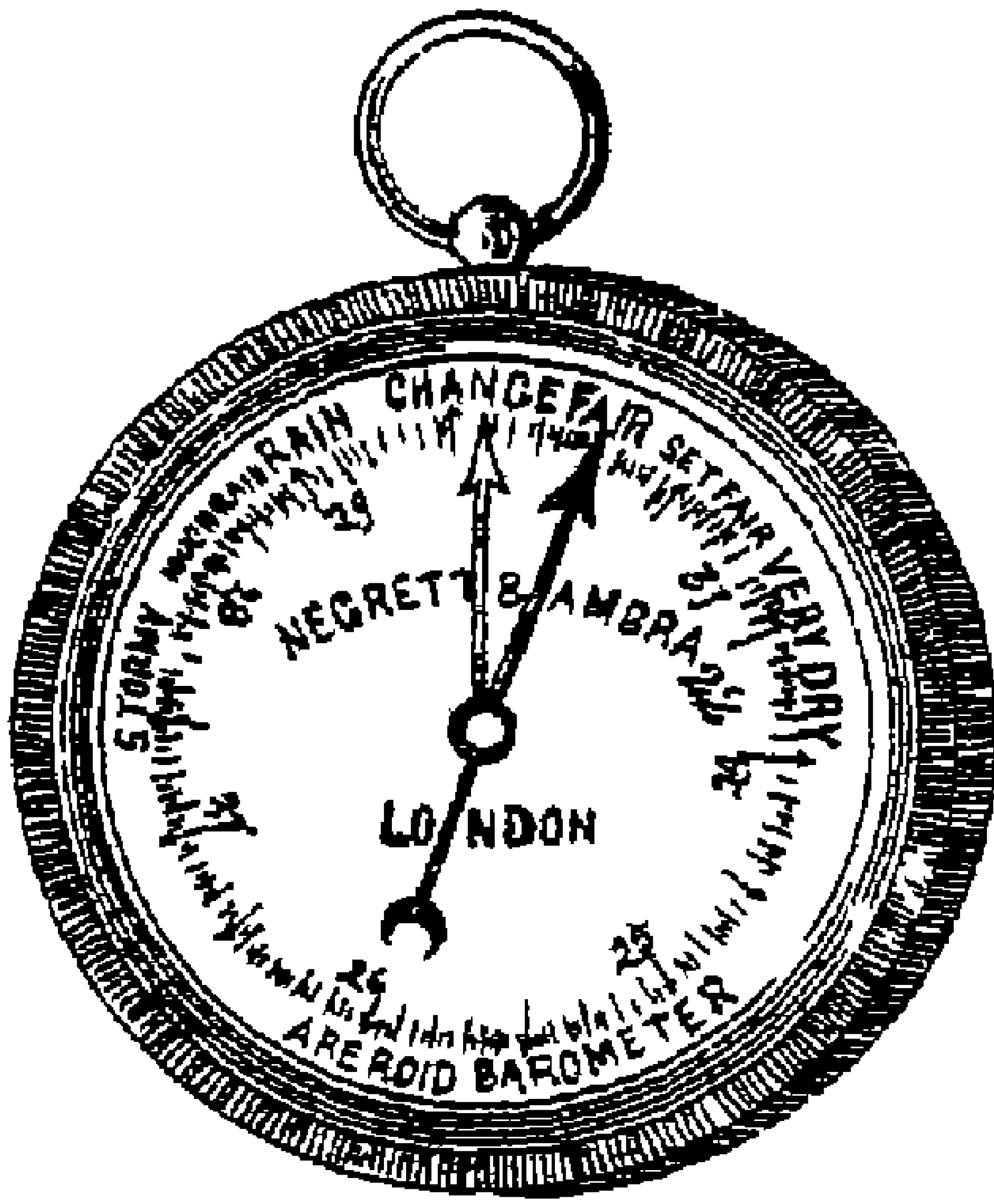


الشكل ١٠٤

(١٧٤) البارومتر الانيرويد — اخترعه قيدى الباريسى وهو كالبارومتر

(١) يراد بالسد الهرمسى فى اصطلاح الكيميين ان يحكم السدُّ حتى لا تدخل منه الطف الاجسام وادقها كالهواء والغازات وذلك بلحمه لحمًا محكمًا او بسده بسدادة محكمة

المعدلي في كونه يقيس ضغط الهواء بواسطة صفيحة رقيقة من النحاس او نحوه. وهو عبارة عن علبة صغيرة مستديرة غطاؤها رقيق جدًّا يفرغ الهواء منها ويسدُّ غطاؤها سدًّا محكمًا. ثم توضع في علبة اخرى وجهها مقسَّم كأنَّه مينا ساعةٍ كما ترى في الشكل ١٠٧. فاذا زاد ضغط الهواء عليها انضغط غطاءُ العلبة الجوانيَّة الى الداخل واذا انقص ضغطهُ عاد الغطاءُ وارتفع فتنتهي حركة انضغاطهِ وارجوعهِ هذه الى عقرب بواسطة عدَّة اخال دقيقة فيدور العقرب على وجه الغطاء البرَّاني ويظهر دورانهُ مكبَّرًا واضحًا. فيعرف منهُ تغيُّر ضغط الهواء. ولهذه الآلة مزيَّة



الشكل ١٠٧

على غيرها من جنسها بسهولة حملها. واذا كانت محكمة الصنع دلَّت على تغيُّر الضغط مهما قلَّ. فانها تتغيَّر ولو ارتفع حاملها من الارض الى كرسيٍّ فقط. ولذلك تستعمل كثيرًا لقياس علو الجبال غير انهُ اذا اريد تمام التدقيق بها تُقابَل بالبارومتر الزئبقي كلَّ يسير.

واعلم ان ما يكتب على البارومتر لتعيين الصحو والمطر والنوء والاعتدال الخ. فصحتهُ لا يُقطع بها ولا سيما في غير الاماكن التي كُتب بها وسبب ذلك واضح لمن تمعَّن في ما قيل عن تغيُّر ضغط الهواء ودلالته على الطقس (١٦٧ و١٧١)

(١٧٥) ثقل الهواء على جسد الانسان. ان مساحة جسد الانسان المتوسط القامة ١٤ قدمًا مربعة اي ٢٠١٦ قراريط مربَّعة. وضغط الهواء ١٥ ليبرا على القيراط المربَّع فضغطهُ على ٢٠١٦ قراريط اي مساحة جسد الانسان ٣٠٢٤٠ ليبرا او اكثر من ١٢ قنطارًا

فاذا قيل كيف يحمل الانسان ۱۸ قنطاراً من الهواء ولا يشعر بثقلها مع انه لو حمل ۱۸ قنطاراً من غير الهواء لسُحق تحت ثقلها سحقاً قلنا ان الهواء يضغط الجسد من كل جهة فضغطه على الصدر مثلاً يقاوم ضغطه على الظهر واذا قيل فلماذا لا ينطبق الصدر على الظهر بين ذينك الضغطين ولا ينسحق الجسد كله كذلك قلنا ان في الجسد اجزاء جامدة كالعظام واللحم وسائلة وغازية فالجامدة تحمل اثقالاً اعظم جداً من هذه والسائلة لا تنضغط بضغط الهواء لها الا قليلاً جداً (عد ٢٠) والغازية تنضغط كثيراً ولكنها تزداد مرونة كلما انضغطت (عد ١٦٠) فتقاوم الهواء الضاغط الجسد من الخارج فيحمل الجسد ثقل الهواء ولا يتثقّل به. ولذلك اذا أُخرج الهواءُ من الصدر بالتنفّس يشعر الانسان بضيق في صدره من ثقل الهواء الخارجي عليه.

واذا ازيل الهواءُ الخارجيّ عن الجلد ينتفخ ويصير الانسان كالمورّم لان الهواء الذي داخله يضغطه من الداخل ولا شيء يقاومه من الخارج. وعلى ذلك يجري التحجيم فترى الحجّام يحرق ورقة في المحجمة ليخفّ الهواء داخلها ويتلطف فيقلّ كأنه قد فُرّغ بالمفرّغة. ثم يقلب فمها على الجسد فيبرز الجلد تحتها لان الغازات الداخلية تضغطه من الداخل وضغط الهواء الباقي في المحجمة قليل لا يساوي ضغطها فيجتمع الدم في ما برز وانتفخ من الجلد فيشطبه الحجّام لاخراج الدم منه. ولذلك ايضاً اذا امصّ الانسان هواء من قنينة تلتصق بفمه. فكان الباري خلق فيه مفرّغة تفرّغ الهواء وجعل صدره اسطوانتها

وعلى ما تقدّم يمشي بعض الناس على سقوف البيوت منقلبين رؤوسهم الى الاسفل وارجلهم الى الاعلى. وبيان ذلك انهم يلصقون بالسقوف قطعاً من الجلد بتفريغ الهواء من بينها ويعلقون ارجلهم باوتار مربوطة بالجلد ويمشون برفع حرف الجلدة قليلاً حتى يدخل الهواءُ بينها وبين السقف ويسهل رفعها ثم يلصقونها بمكان آخر ورفع الرجل الاخرى كذلك. وعلى ما تقدّم ايضاً يمشي

الذباب على الزجاج ويلصق البزّاق والتّراق بالصخور والحجار ونحوها لانها جميعها تفرّغ الهواء مما بينها وبين ما تلتصق به

(١٧٦) ثقل الجلد لما كان ضغط الجلد ١٥ ليبرا على القيراط المربّع من سطح الارض فاذا استعلمنا مساحة سطح الارض من القراريط وضربناها فى ١٥ ليبرا خرج لنا ثقل الجلد كله وهو

١١٦٢٤٩١٤٨٨٠٤٠٨٨٣٨٣٢٣ ليبرا

(١٧٧) علوّ الجلد وكثافته — من صفات الهواء انه يتمدّد ويتسع كما مرّ (عد ١٦١) وربما توهّم من ذلك انه يرتفع عن الارض الى ما لا نهاية له وهو غير صحيح. لانه كلما تمدّد الهواء وارتفع عن الارض ضعفت قوة التمدّد فيه بسبب برد الاعالى التى يصل اليها حتى تتساوى فيه اخيرًا قوّة التمدّد التى بها تتباعد دقائقه بعضها عن بعض وقوّة الجاذبية التى بها تتقارب دقائقه بعضها الى بعض فينتهى الهواء هناك ولا يتجاوز الى ما فوقه

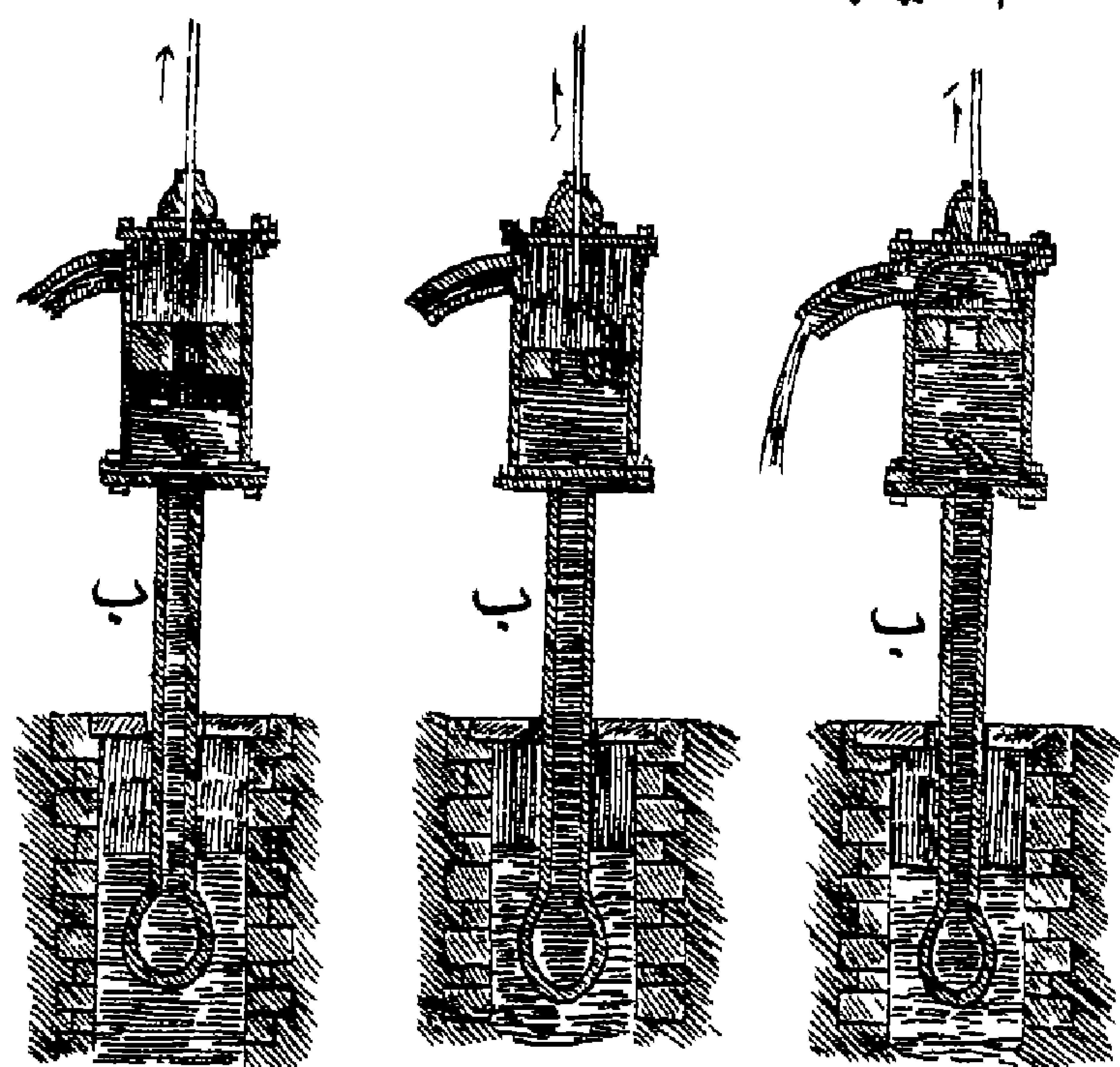
وقد حسبوا علوّه من الشفق ما بين اربعين وخمسين ميلًا ومن الخسوف ٦٦ ميلًا ومن الشهب والشفق القطبى بين ٢٠٠ و ٥٠٠ ميل. وهو هناك على غاية ما يكون من اللطافة فان كثافته تقلّ سريعًا كلما ارتفع حتى تصير على علوّ ٣½ ميل نصف ما على مساواة سطح البحر. وعلى علوّ ٤٠ ميلًا كثافة الهواء الذى يبقى فى القابلة بعد تفريغ كل ما يمكن تفريغه منها

م

الفصل الخامس

فى الآلات الهوائيّة

(١٧٨) الطلمبا — الطلمبا آلة لرفع السائلات اخترعت منذ قديم الزمان والمظنون ان مخترعها اكتسيبوس صانع اشتهر بالاسكندرية سنة ٢٠٠ قبل المسيح . والطلمبات على اشكال متعددة تندرج جميعها تحت نوعين طلمبا السحب وطلمبا الضغط



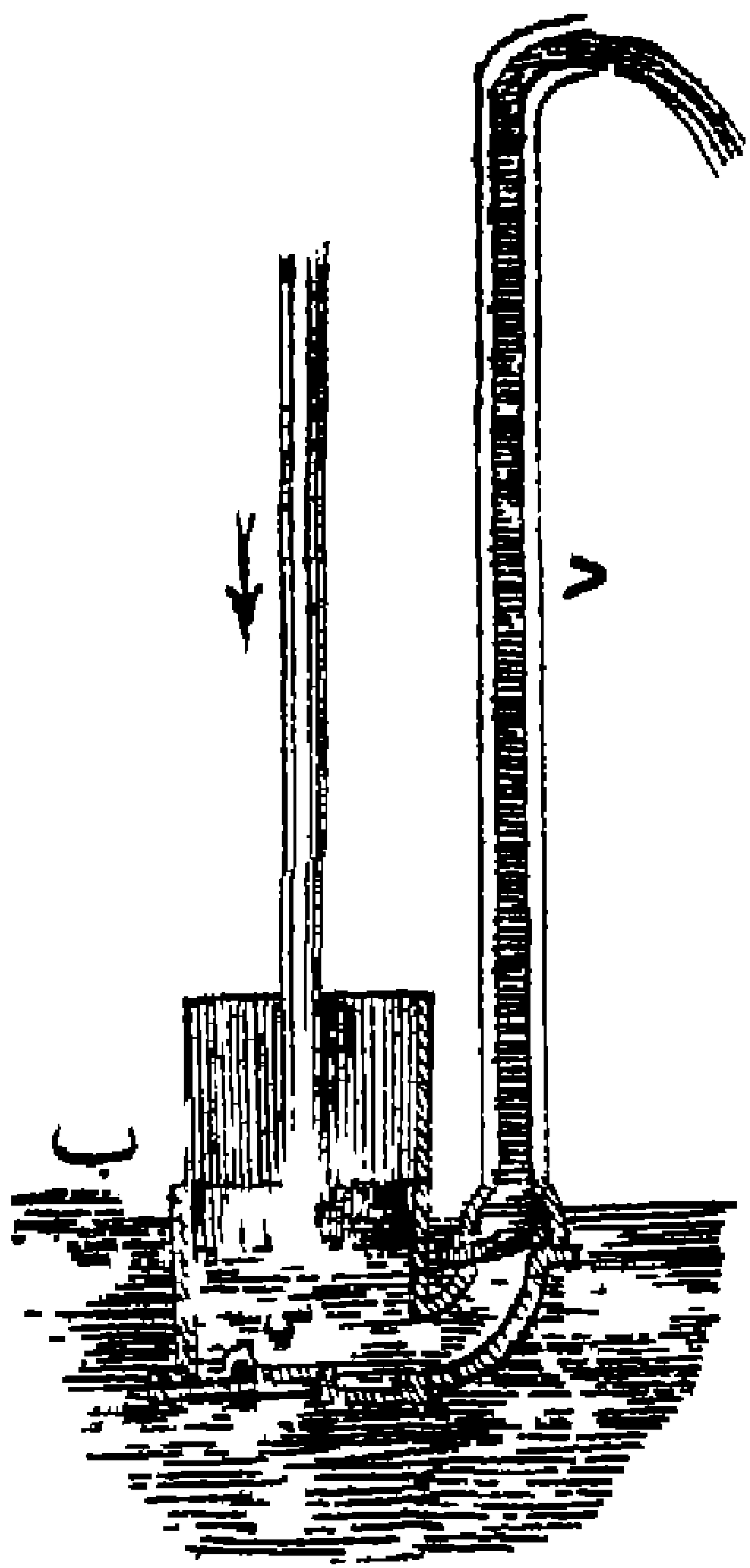
الشكل ١٠٨

(١٧٩) طلمبا السحب — اما طلمبا السحب فهى اسطوانة من الحديد يتصل باسفلها انبوبة ب فى الشكل ١٠٨ وتنزل منها الى بير الماء ولها مصراعان احدهما فى اعلى الانبوبة ب وقد رسم منفتحًا فى الاولى والاخيرة ومنطبقًا فى الوسطى والآخر فى المدك النازل فى الاسطوانة وقد رسم منفتحًا فى الوسطى فقط ومنطبقًا فى الاخريين .

واما كيفية سحب الماء بها فكما يأتي . لنفرض اننا وصلنا يد ابا لمسحوات المصراعين منطبقان والمدك في قعر الاسطوانة فالامر ظاهر ان الهواء يملأ الاسطوانة والانبوبة ولذلك يكون ضغط الهواء الذي في الانبوبة لماء البئر مساوياً لضغط الهواء الخارجي له فيكون سطح الماء على استواء داخل الانبوبة وخارجها . فاذا انزلنا اليد ارتفع المدك وبقي مصراعه منطبقاً لان الهواء الخارجي يضغطه نازلاً . فيتفرغ هواء الاسطوانة محمولاً على ظهر المدك ولذلك يصعد هواء من الانبوبة بتمدد بزوال الضغط عنه ويفتح المصراع او يملأ الاسطوانة فضلاً عن الانبوبة . فيكبر حجمه فيتلطف وتقل مرونته (عد ١٤٠) فيقل ضغطه لماء البئر عن ضغط الهواء الخارجي له فيصعد الماء في الانبوبة كما ترى في الشكل . ثم اذا رفعنا اليد نزل المدك فينطبق المصراع لان هواء الاسطوانة ينضغط تحت المدك فيطبقه . واما مصراع المدك فينفتح (لان الهواء المنضغط تحت المدك يضغطه الى الاعلى كما يضغط الى الاسفل) ويصعد الهواء منه الى اعلى الاسطوانة ويختلط بهواء الجلد . واذا انزلنا اليد ثانية ارتفع المدك فيحدث ما حدث عند رفعه في المرة الاولى ويصعد الماء في الانبوبة زيادة عما كان اولاً . وهكذا لا يزال الماء يصعد شيئاً فشيئاً برفع اليد وانزالها حتى يملأ الانبوبة والاسطوانة فينصب من ميزابها كما ترى في الطلمبا الاخيرة من الشكل

ولما كان ارتفاع الماء بطلمبا السحب متوقفاً على فرق ضغط الهواء للماء داخلها وخارجها فلا يرتفع الماء بها الى اعلى من ٣٣ قدماً عن سطح ماء البئر لان ضغط الهواء لا يرفع الماء الى اعلى من ٣٣ قدماً كما مر (عد ١٢٥) حتى الاربع والثلاثين قدماً لا يبلغها الماء بالطلمبات لان الهواء لا ينفرغ منها تفرغاً تاماً كما علمت والمدك لا يمكن تحكيمه على الاسطوانة تحكيماً يمنع كل الهواء من الدخول اليها . ولذلك لا ترفع طلمبا السحب الماء اكثر من ٢٨ قدماً فاذا طالت الانبوبة او زاد عمق الماء في البئر عما ذكر لم تصلح هذه الطلمبا لرفعه

(۱۸۰) واما طلمبا الضغط فلا يرتفع الماء فيها بضغط الهواء بل بضغط المدك. وليس لها انبوبة تنزل من اسطوانتها الى البير بل توضع الاسطوانة نفسها فی الماء كما ترى فی الشكل ۱۰۹. وليس لها مصراع فی المدك كطلمبا السحب وتختلف اسطوانتها عن اسطوانة طلمبا السحب بكونها ذات انبوبة ذو مصراع وبينها وبين الانبوبة فضلا عن المصراع س الذی فی اسفلها وكيفية رفع الماء بها ان ينزّل مدكها حتى يمس قعرها ثم توضع فی الماء ويُرفع المدك فيحمل الهواء ويترك ما تحته من الاسطوانة فارغا. فيرفع الماءُ المصراع س بضغطه له ويدخل منه الى الاسطوانة.

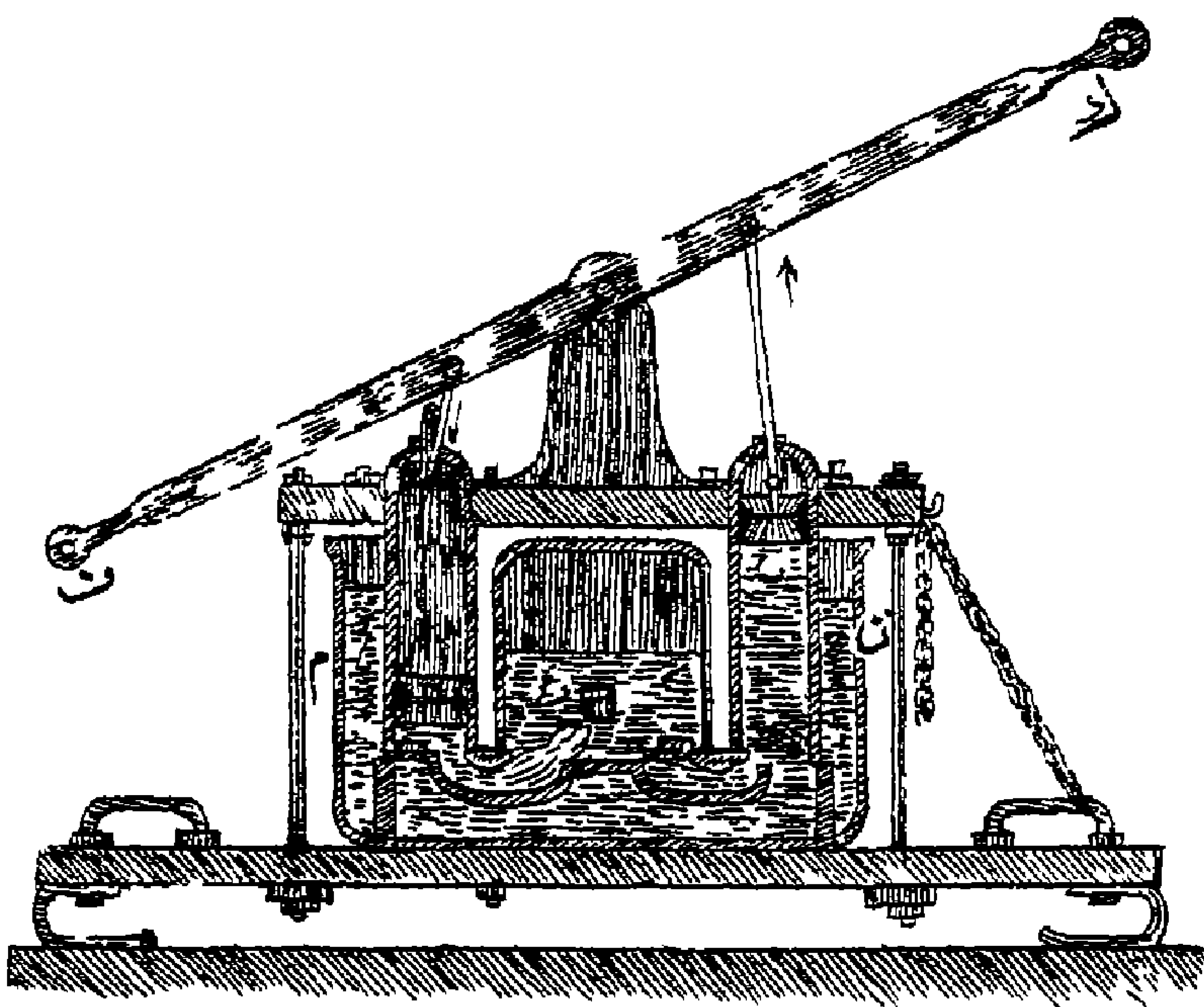


الشكل ۱۰۹

ثم ينزل المدك فينضغط الماء والماء يُضغط المصراع س فيطبقه وينضغط هو بين المدك وقعر الاسطوانة حتى يرفع المصراع د الى الاعلى ويدخل انبوبة التفريغ فينصبّ منها الى حيث يراد. ويتوقف مقدار ارتفاع الماء فی هذه الانبوبة على مقدار ضغط المدك فاذا كان ضغطه جلدًا واحدًا (۱۵ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع الماء ۳۳ قدمًا. واذا كان جلدين (۳۰ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع ۶۸ قدمًا. ولذلك يمكن رفع الماء بها من اىّ عمق اريد بخلاف طلمبا السحب فانها لا ترفع الماء الّا من عمق ۳۲ قدمًا كما تقدّم (عد ۱۷۹)

ويتضح مما مرّ ان الماء لا يرتفع فی انبوبة التفريغ الا عند تنزيل المدك وانه يبقى فی مكانه عند رفعه. فمتى بلغ فم انبوبة التفريغ لا يتفرغ منها تفرغًا متواصلًا بل متقطعًا ولذلك تلافوا سدّ هذا الخلل بوضع طلمبتين تدفعان الماء الى انبوبة واحدة بحيث انه متى نزّل مدك الواحدة يرفع مدك الاخرى على التوالی

فيكون انصباب الماء من الانبوبة متواصلاً كما يشاهد في آلة النار



الشكل ١١٠

(١٨١) آلة النار   هذه الآلة مؤلّفة من طلمبتين من طلمبا الضغط ن وم في الشكل ١١٠ ووعاءٍ بينهما ر يشغله الهواء وتدخل حيّة في ثقبه ز

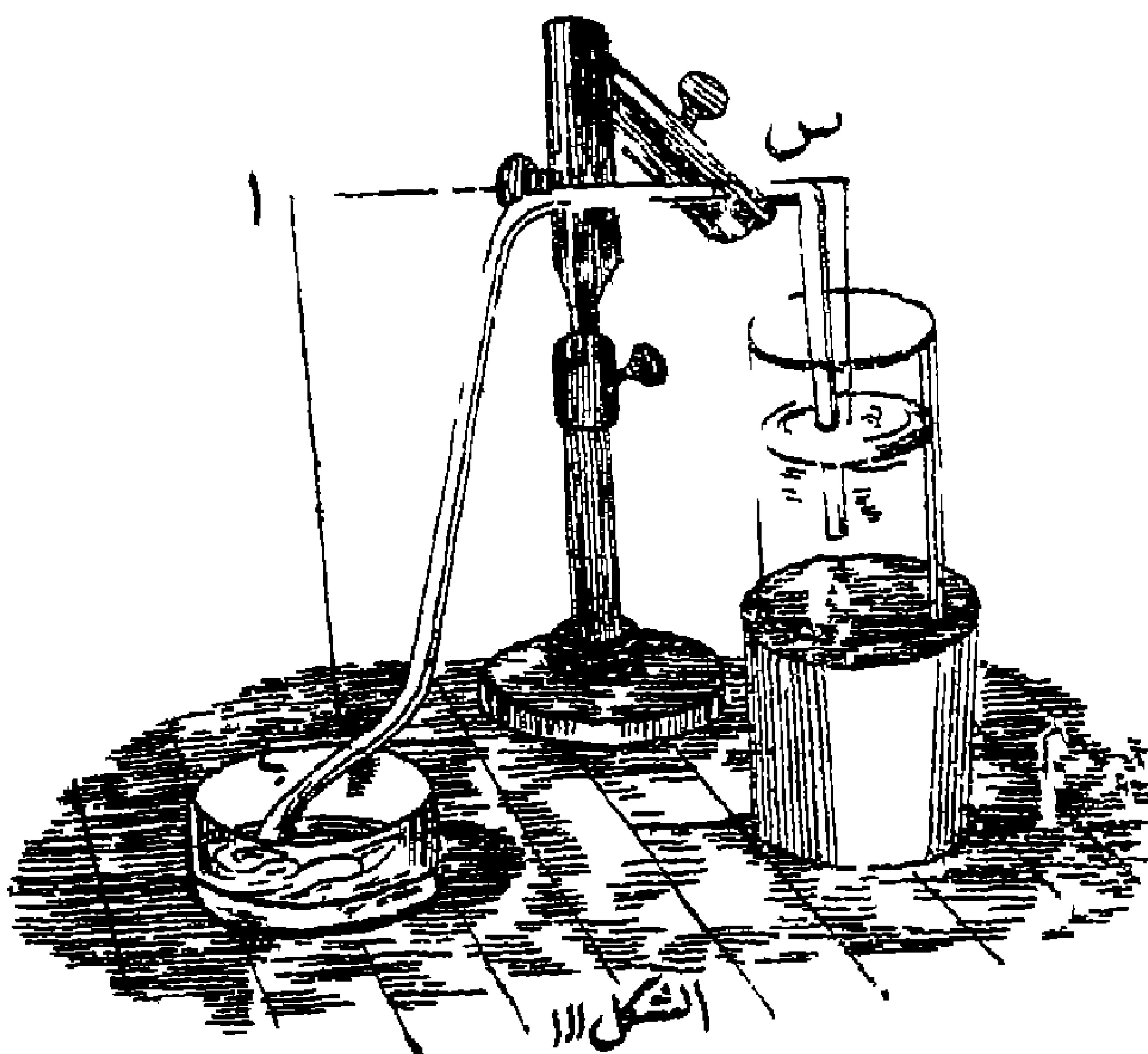
وكيفية العمل بها ان يُنزَل الطرف ف من الخشبة ف ك ا المتصلة بالمدكين م و ن فينزل المدك م ويرتفع المدك ن ويندفع الماء الى الغرفة ر على ما تقدم في طلمبا الضغط (عد ١٨٠) ويجري من الحيّة الداخلة في ز الا ان جريانه يكون ابطأ من دخوله الى الغرفة لسبب المقاومة التي يلقاها من الحيّة ومن الهواء عند خروجه منها فلذلك يتعالى في الغرفة ويحصر الهواء فيها فينضغط الهواء ويردّ الفعل فيدفعه من الغرفة فينصبّ من الحيّة. واذا انزل المدك ن واصعد م يفعل الفعل المذكور نفسه ويخرج الماء من الحيّة فينصبّ الماء منها بانزال الخشبة ورفعها انصباباً متواصلاً. ولا يخفى على الفطن كيفية ترتيب المصاريع وفتحها واطباقها لكي تنسحب المياه من الحوض المغطّس فيه

الآلة وتجرى الى الحيّة — هذا واذا كانت هذه الآلة متقنة وعمل بها ثمانية رجال وثب الماءُ منها الى علوّ ٠٠ اقدام. وسميت آلة النار لانها تستعمل لاطفاء البيوت المحترقة ونحوها

(١٨٢) الممصّ — الممصّ انبوبة معكوفة ذراعها الواحدة اقصر من ذراعها الاخرى ويستعمل لتفريغ السائلات من وعاء الى آخر ولا سيّما اذا اريد إراقة الصافى منها عما يرسب فيه من العكر والكدر

وكيفيّة العمل به ان يملأ من السيّال ثم يُسدّ طرفاهُ الى ان تُغمس ذراعهُ القصرى فى السيّال المراد تفريغهُ فيجرى متفرّغا من فوهة الذراع الطولى كما ترى فى الشكل ١١١. ويصحّ ايضًا ان تغمس الذراع القصرى فى السيال بدون ان يملأ الممص شيئًا ثم يمصّ الهواء من الذراع الطولى فينفرغ السيّال منها الى الوعاء الآخر حتى ينخفض سطحهُ عن طرف الذراع القصرى او حتى يصير سطحه فى الوعاء الواحد على مساواة سطحه فى الوعاء الآخر

(١٨٣) تعليل الممصّ — لنفرض ان الممصّ (انظر الشكل ١١١) مملوة

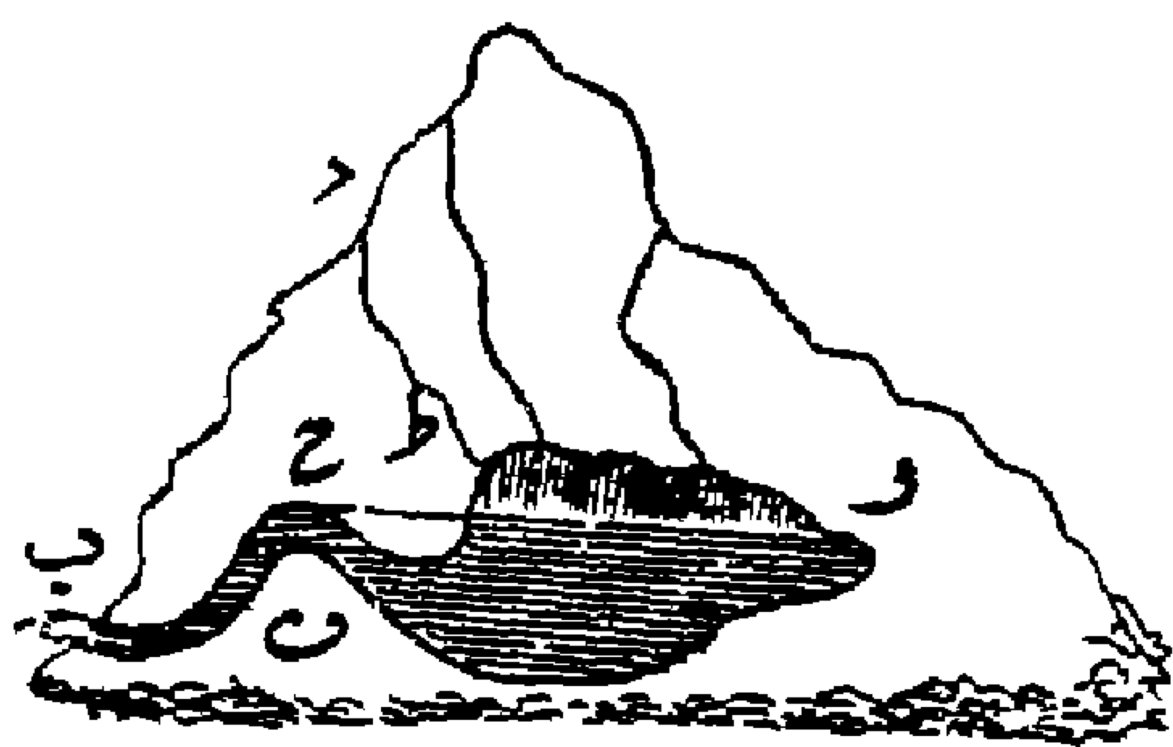


الشكل ١١١

ماءً وان ذراعهُ القصرى مغموسة فى الماء فلا يخفى ان ضغط الهواء لوجه الماء د المغموس فيها الذراع القصرى يسند عمود الماء س د الذى فيها. فيكون

الضغط على د الى الاعلى يقدر ثقل الجلد الاّ ثقل العمود س د من الماء. وكذلك الضغط الهوائي على ب يسند العمود اب في الذراع الطولى فهو يساوي ثقل الجلد الاّ ثقل عمود من الماء غلظه غلظ العمود في الذراع الطولى وعلوّه علوّ اب. ثم ان س د اقصر من اب فيكون ضغط الهواء على د اعظم مما هو على ب بقدر الفرق بين طوليهما فيندفع الماء الى الذراع الطولى بقوة تساوي الفرق بين ضغط الهواء على الذراعين

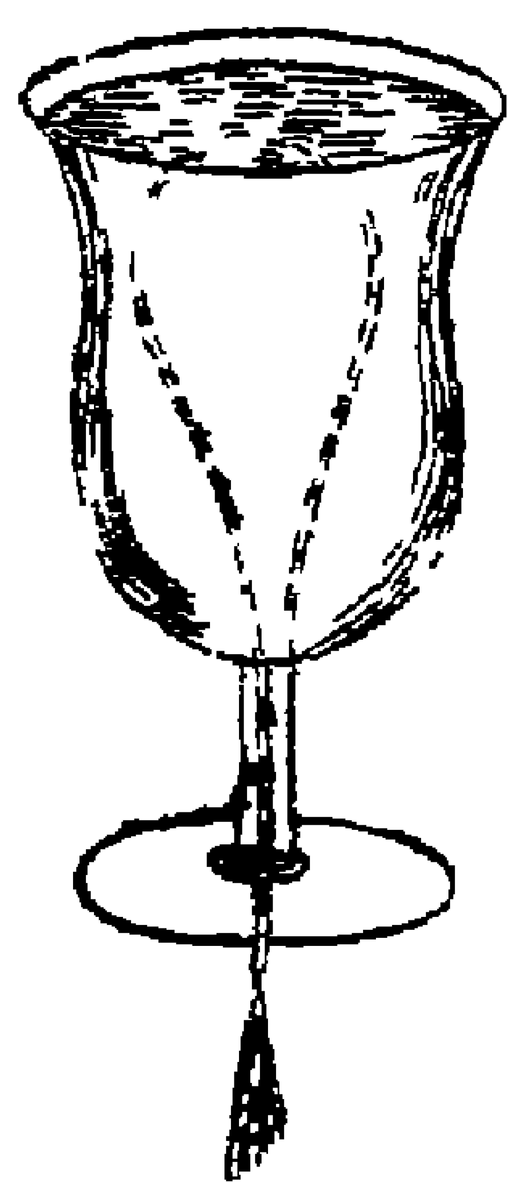
(١٨٣) الينابيع المتقطعة — من الينابيع ما يجري ماؤه مدّة ثم ينقطع ثم يجري ثانية وينقطع وهلم جرًّا. وسبب تقطع جريها كونها كالممصّ في شكلها كما يتضح من الشكل ١١٢ وهو صورة تشطر من جبل قد قدّ شطرين من قمته الى سفحه. فليكن ف حوضًا تجلب اليه المياه من اماكن متعددة من الجبل كما ترى عند د وليكن ف ح ب مصرفًا له على شكل الممص. فواضح ان الماء لا ينفرغ منه الاّ متى صار على مساواة منحنى المصرف اعني متى صار على مساواة السطح و ط ح.



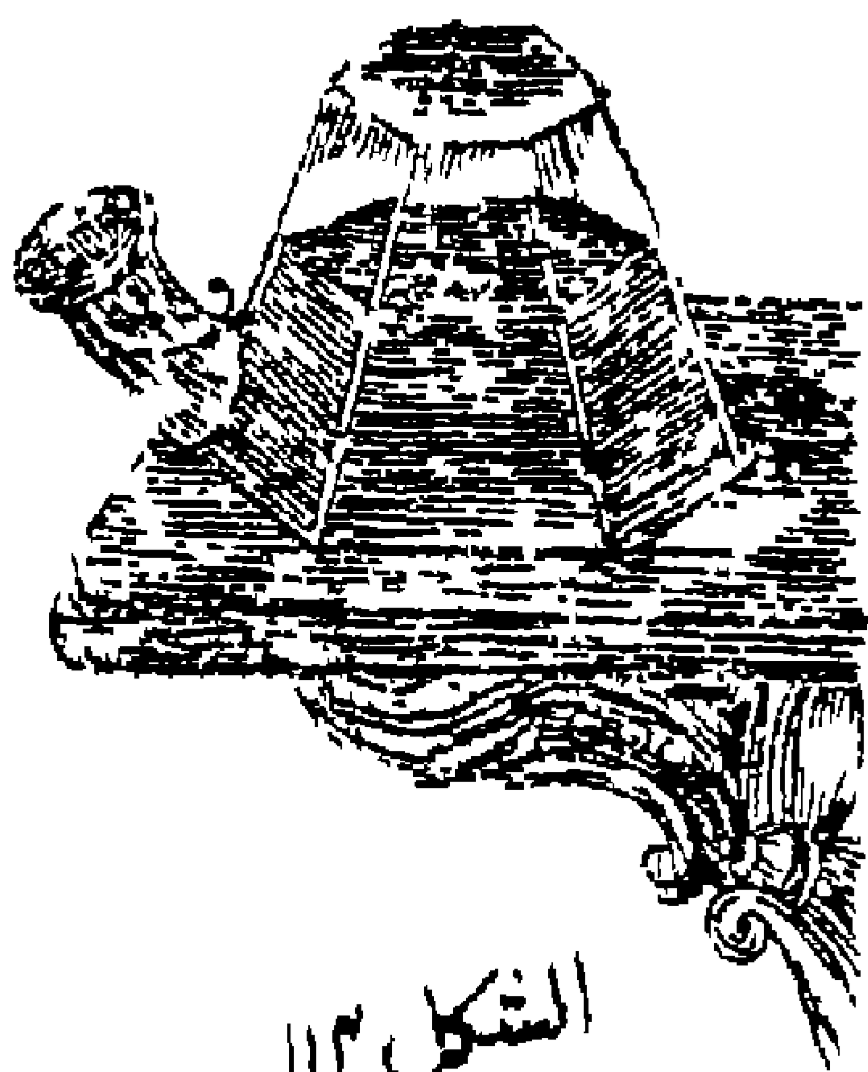
الشكل ١١٢

وحينئذٍ يأخذ في الجريان ويدوم كذلك الى ان يهبط الى مساواة السطح المساوي ف فينقطع حتى يتجمع في الحوض ويصل الى السطح الاول فيجري ثانية حتى ينقطع وهكذا على التوالي

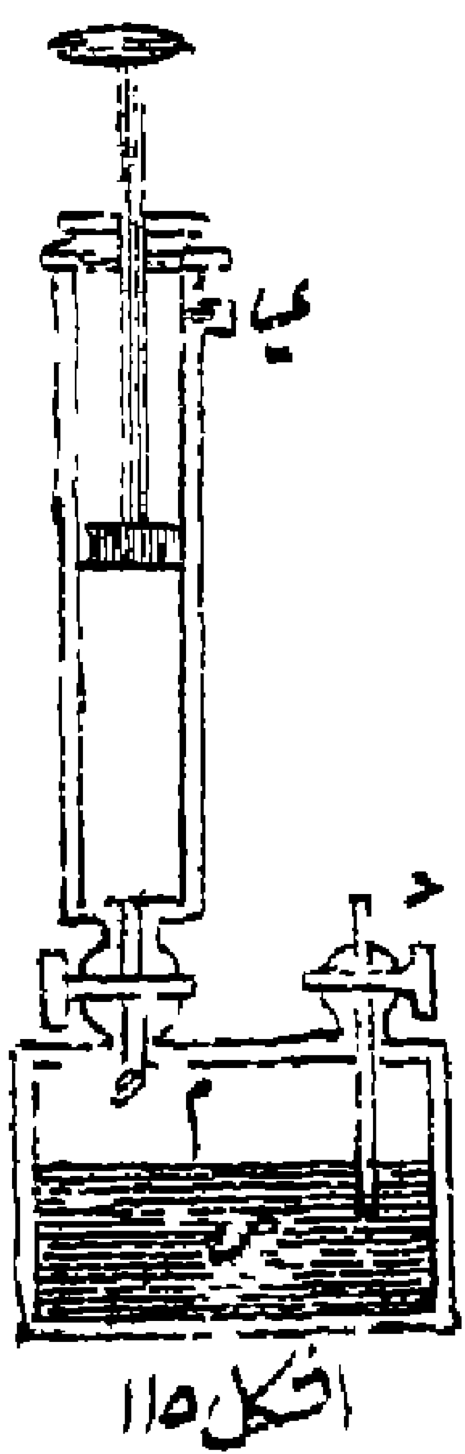
(١٨٥) كأس تنتالس — من الآلات التي يظهر عمل الممصّ واضحًا فيها كأس تنتالس وهي كأس ضمنها ممصّ كما في الشكل ١١٣ ذراعه الطولى خارجة من قعر الكأس وفوهة ذراعه القصرى واصلة الى قرب قعرها. فيصبّ في الكأس


الشكل ١١٣

ماء حتى يبلغ منحنى الممص فيصعد في الذراع القصري الى المنحني ويجرى منهُ وينصبُّ من فوهة الذراع الطولى حتى يتفرغ كلهُ من الكأس بدوام ضغط الهواء على سطحهِ

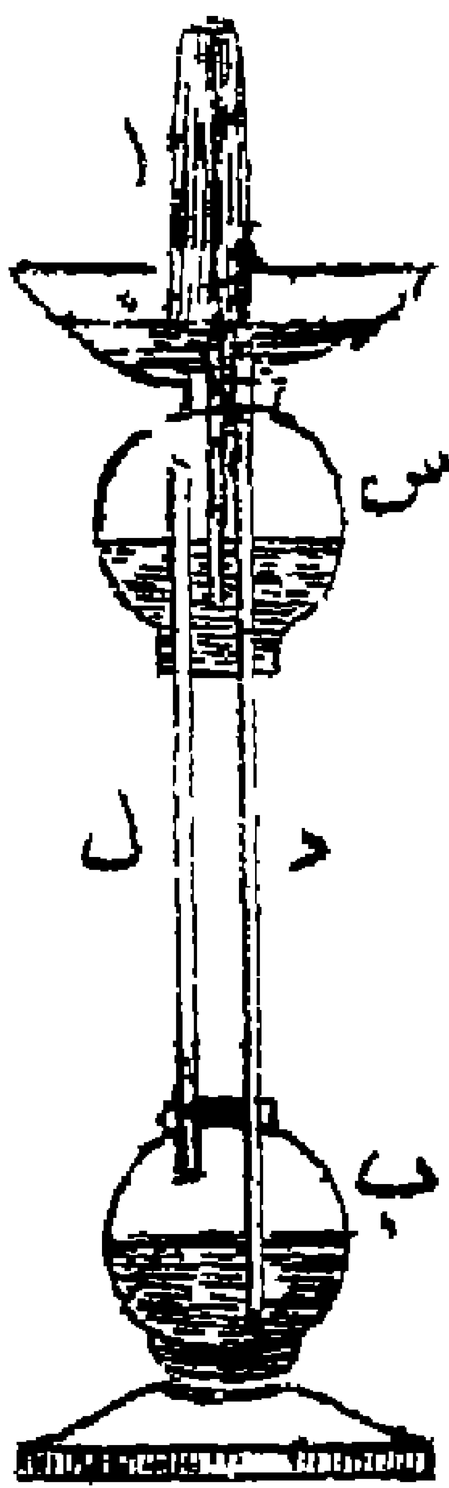

الشكل ١١٤

(١٨٦) الدواة الهوائية — تصنع هذه الدواة مسدودة الأ بلبلها فانه يكون مفتوحًا. ثم تُقلب قليلاً حتى يصير فم بلبلها الى فوق. ويصبُّ الحبر فيها حتى يملأ اكثرها ويستقر عند و في البلبل (الشكل ١١٤). فيكون سطحهُ في الدواة اعلى مما هو في البلبل لان الهواء المحصور في الدواة يضغط الحبر الذي فيها اقلَّ مما يضغط الجلد سطح الحبر الذي في البلبل ثم متى كتب بالحبر ينخفض سطحه في البلبلة عن مساواة و فتدخل فاقعة هواء من البلبلة الى داخل الدواة وتزيد قوة مرونة الهواء المحصور هناك فيضغط سطح الحبر حتى يخفضهُ في الدواة ويرفعهُ في البلبلة الى و. ولا يزال الهواء يفعل ذلك حتى ينخفض الحبر في الدواة الى مساواة وفتحةٍ ثانية


الشكل ١١٥

(١٨٧) الطلمبا الضاغطة هي آلة تُستعمل لضغط الهواء وغيره من الغاذات وهي عبارة عن اسطوانة ذات مدك يدخل فيها دخولاً محكمًا كما ترى في الشكل ١١٥ وثقب ى في جانبها يقع اسفل المدك عند ارتفاعهِ ومصراع م في اسفلها يفتح الى الاسفل كما هو مرسوم. وكيفية العمل بها ان تُركَّب تركيبًا محكمًا على وعاء كالوعاء ر ثم ينزل المدك فيها فيسوق الهواء امامهُ فيفتح الهواء المصراع م ويدخل الى الوعاء ثم يرفع المدك فينطبق المصراع م بضغط الهواء له من الاسفل

وعدم وجود هواء فوقه اذ تفرغ الاسطوانة . وعند بلوغ المدك الى اعلاها يدخل الهواء من ى ويشغلها . ثم ينزل المدك ثانيةً فيسوق الهواء امامهُ ويطردهُ الى ر ثم يرفع فيدخل الاسطوانة هواءٌ جديد ويدام العمل على ما تقدَّم حتى ينضغط الهواء في بقدر ما يراد . فاذا كان في الوعاء ماء او سائل آخر وفتحت الحنفية د يخرج منها بزخم قوى من ضغط الهواء لوجهه



الشكل ١١٦

(١٨٨) نوفرة هيرو — هي مؤلفة من صحن من النحاس في الشكل ١١٦ وكرتين س و ب وانبوبة د بين الصحن والكرة السفلى ب و انبوبة اخرى ل بين الكرتين وانبوبة ثالثة بين الصحن والكرة العليا . فتنزع هذه الانبوبة الثالثة ويصبُّ ماء في الكرة س حتى يمتلئ بعضها وتركّب الانبوبة الثالثة ويصبّ الماء من الصحن فينزل الى الكرة السفلى ب جاريًا في الانبوبة الواصلة بينهما ويطرد بعضًا من هوائها الى الكرة س في الانبوبة الواصلة بينهما . فيضغط الهواءُ وجه الماء في س فيرتفع في الانبوبة الثالثة ويثب منها مندفعًا كما ترى في الشكل . وانما سميت هذه النوفرة نوفرة هيرو لان هيرو الاسكندرى اخترعها في القرن الثاني قبل المسيح

(١٨٩) البلّون الهوائي - هو كرة فارغة تصنع من مادة خفيفة وتملأ هواءً سخنًا لطيفًا او هيدروجينًا فتخف اكثر من الهواء وتصعد . وكان اوَّل اصطناعهِ وتجريبهِ في فرنسا سنة ١٧٨٣ وجُعل له في اسفلهِ فوهة تحتها قارب معلَّق فيهِ ورق وعشب يابس مشتعل

يحمى الهواء فيدخل البلّون خفيفاً . فصعد كذلك الى علو ٢٠٠٠ ثم برد هواؤهُ فثقل وهبط سريعاً . ولما رأى الفرنسويون ذلك شرعوا في تحسينه فصنع استاذ منهم يسمى شارل باوناً وملأهُ هيدروجيناً وصعد فيه الى اعالي الجوّ في سنة ١٧٨٣ ثم شاع استعمالهُ وبرع فيه كثيرون

ومن اشهر الذين خدموا العلم بهِ كي لوساك فانهُ صعد فيه الى علو ٢٣ الف قدم عن مساواة سطح البحر حيث هبط البارومتر الى ١٣ ٤/٦ القيراط ولطف الهواءُ جدًّا وقرس البرد واشتدّ الجفاف واسرع التنفّس ودوران الدم في كي لوساك من شدّة لطافة الهواء حتى صار نبضه يضرب ١٢٠ ضربة في الدقيقة عوضاً عن ٧٢ ضربة كما هو المعتاد . ورأى لون الجلد من هناك ازرق قاتماً جدًّا والعلامة كليشر فانهُ صعد مع آخر في سنة ١٨٦١ الى ما بين ٣٦٠٠٠ و ٣٧٠٠٠ قدم من الارتفاع حيث هبط البارومتر الى ٧ قراريط ولطف الهواءُ الى الغاية واشتد البرد جدًّا (١٦ اس تحت الصفر) فأُغمي عليهِ ولم يعد يستطيع الرصد

ويصنع البلون الآن من الحرير ويُطلى بطلاءٍ يمنع الهواء من نفوذهِ ثم يملأ بالهيدروجين او بغاز الفحم ويُعلّق به قارب يجلس فيه من يركب البلون ويوصل بالقارب راية ومرساة . ويطلق البلون فيصعد الى ان يبلغ علوًّا يخفّ الهواءُ عندهُ فلا يعود يحملهُ فيقف هناك حتى تسوقه مجاري الرياح . ويعلم الراكب حينئذٍ اذا كان صاعدًا او نازلاً من ارتفاع البارومتر وهبوطهِ . فاذا اراد الهبوط شدّ حبلاً فيفتح مصراعاً في البلون فيخرج منهُ قليل من الغاز فيهبط . واذا اراد ان يجعل هبوطهُ بطيئاً او ان يرتفع ثانية يفرغ من قاربهِ اكياساً من الرمل يحملها معهُ لذلك . ويتسهّل هبوطه بواسطة المرساة فانها متى علقت بجسم وشدّ الراكب بحبلها ينزل البلون الى الارض

هذا وقد استعملوا البلونات لتجسس حركات العدو كما فعل الاميركانيون في حربهم الاهلية وكما فعل الفرنساويون في حصار باريز. فهذا امر مراقبة اعالي الجلد جميع ما انتفعوا به الى الآن

(١٩٠) الواقية .. هي عبارة عن قطعة قماش كبيرة مستديرة قطرها نحو ١٥ قدماً تشد على قضبان كما تشد المظلة. فاذا نزلت في الهواء انفتحت ويجعل في وسطها فتحة حتى يخرج منها الهواء المنضغط تحتها وهي نازلة نزولاً سريعاً فلا تميل الى هنا ولا الى هناك. وهي توصل بالبلون والقارب معاً فاذا اصابت البلون مصيبة قطع الراكب الحبل المتصلة به فتنزل به نزولاً سريعاً فيقاومها الهواء فتنتفخ فوقه كالمظلة فينزل رويداً رويداً الى الارض متقياً شر السقوط ولذلك سميناها بالواقية

(١٩١) المنفاخ — المنفاخ آلة معروفة وهو اشكال جميعها مبنية على ضغط الهواء وبيان ذلك ان يوضع في احدى عارضتيه مصراع نسمة ابعدت العارضة الاخرى عنها اي انفتح المنفاخ ينفتح المصراع فيدخل الهواء منه ويملأ المنفاخ ومتى انطبق المنفاخ ينطبق المصراع فيخرج الهواء من فم المنفاخ

(١٩٢) الخاتمة — تتسلط على الهواء ثلاث قوات واحدة منها ضد اثنتين. وهذه الثلاث هي قوة جاذبية الثقل التي بها يلصق الهواء بالارض والقوة الدافعة عن المركز وقوة الدفع بين الدقائق وهي القوة الناتجة عن الحرارة وهاتان القوتان هما اللتان بهما يطلب الهواء الابتعاد عن الارض كان تحته دافعاً يدفعه عنها فلولا الجاذبية لفرّ الهواء عن الارض وتاه في نواحي الفضاء

واعلم انه لما رأى القدماء ان الهواء يقتحم ليشغل الاماكن الفارغة عللوا ذلك بقولهم "ان الطبيعة تكره الفراغ" وعليه جرى المتاخرون في علل

الانهم حتى اذا كانوا يحفرون بيرا بقرب فلورنسا بايطاليا في القرن السابع عشر جاروا في امرهم لان الماء لم يصعد معهم الى علو المصراع السفلي في طلمبا السحب . فسألوا الفيلسوف غليليو عن سبب ذلك فقال لهم سارحًا ان الطبيعة لا تكره الفراغ فوق ٣٢ قدمًا فكان مزحه عين الصواب

(۹۳) مسائل للتمرين) (۱) كم وزن عشر اقدام مكعبة من الهواء . (۲) كم ضغط الهواء لقصبة مربعة من الارض (القصبة ۲ ۱/۲ ۱ قدم) . كم ضغط الهواء لكاسين من كرتين مكل برج قطر كل منهما اربعة قراريط . (۴) اذا كان ارتفاع عمود الزئبق ۲۸ قيراطا فكم قدمًا يكون ارتفاع عمود يوازنه من الماء . (۵) كم يكون جرم ۱۰۰ قيراط مكعب من الهواء تحت ضغط جلدين (۳۰ ليبرا على القيراط المربع) (۶) اذا رفعنا الذراع الطولى من الممص سريعًا والماء جار فيه فالى اين يجرى . (۷) اذا رفعنا الممص كله كذلك فكيف يجرى الماء . (۸) ارتفاع الزئبق في البارومتر ۲ ۱/۹ اقيراط فعلى اى علو يمكن وضع المصراع السفلي من طلمبا السحب (۹) لماذا لا نقدر على رفع الماء بالمعص الى اعلى من سحابه . (۱۰) اذا انضغط الهواء في وعائه من آلة النار حتى صار ۲ امن جرمه الاول فكم يكون ضغطه لكل قيراط مربع من الوعاء . (۱۱) لماذا تتصاعد الفواقع من قدح الشاي اذا أُلقيت فيه قطعة سكر . (۱۲) الى اى علو يرتفع البلون . وكم من الثقل يحمل . (۱۳) ان الهواء يخف فيهبط الزئبق في البارومتر عند اضطراب الطقس ويثقل فيعلو الزئبق عند صحوه فما سبب ذلك ج . لانه في الصحو تمتزج الرطوبة بالهواء بصورة بخار غير منظور فتزيد ضغطه فيعلو البارومتر واما في النوء فتنفصل الرطوبة عن الهواء وتتحول الى سحاب ومطر ونحوهما فيخف الهواء فيهبط البارومتر . (۱۴) أيكون الهواء

لطيفًا ام كثيفًا اذا اصعد الدخان من المدخنة صعودًا عموديًّا. (١٥) لماذا لا نشعر بثقل الهواء علينا. (١٦) هل تكون القنينة فارغة وهي ملآنة هواءً (١٧) لماذا يُستثقل المشي فى الاوحال الدلغانية. ج. لان الهواء لا يندفع من تحت اقدامنا فيثقل ضغطه لبواطنها من الاسفل ولذلك نشعر بثقله علينا من الاعلى. (١٨) كيف يؤثر تغيير كثافة الهواء فى الذين يصعدون فى البالون الى علو عظيم او الذين يصعدون على قمم الجبال الشامخة. (١٩) كيف يؤثر تغيير كثافة الهواء فى الذين يغوصون بناقوس الغواصين. (٢٠) على اى سبب يمكن سحق القطر بفضلة. (٢١) قد ينعطل المنفاخ وهو جديد فما هو سبب ذلك. (٢٢) لماذا ينطفئ القنديل اذا سددت فم زجاجته. (٢٣) لماذا يستصعب الانسان قطع النفس طويلاً. (٢٤) اذا ملأت قنينة ضيقة العنق ماءً وقلبتها بسرعة فلماذا لا ينصبّ الماء منها. (٢٥) هل يلزم ان تكون انبوبة البارومتر متساوية الثخن فى كل اقسامها. ولماذا. (٢٦) لماذا لا يدخل الماءُ الجرّة اذا قلبت فيه على فمها



اَلبَابُ السَّابِعُ

فی السمعیات

اَلفَصلُ الاَوَّلُ

فی الصوت وانتقالهٖ

(١٩٤) تمهید: السمعیات فن یبحث فیه عن الصوت ونوامیسه .

قبل التکلم عن الصوت نقول: اتفق علماء هذا الفن علی ان دقائق الاجسام متحرکة علی الدوام والذی حملهم علی الاتفاق علی ذلك هو سهولة تعلیل الحوادث الطبیعیة به ولیس انهم شاهدوا حرکة الدقائق او اثبتوها بالبرهان القاطع ولکنهم لا یعرفون شکل تلك الحرکة فربما کانت فی خطوط مستقیمة ومنحنیة ذهابا وایابا وربما کانت دائریة فتحرك بها الدقیقة حول محورها وحول غیرها وربما کانت ناتجة من هذه الحرکات کلها معا او من بعضها فاذا وقعت هذه الحرکة وهذه الاهتزازات علی الاذن حصل منها الصوت واذا وقعت علی العین حصل منها النور واذا وقعت علی الاعضاء اللامسة حصلت منها الحرارة وذلك بشرط ان تکون علی درجات معلومة من السرعة فیتنوع ادراك النفس لهذه الاهتزازات بحسب القوی التی بثها الله فی مشاعر الانسان

(١٩٥) الصوت: الصوت اهتزاز فی دقائق الاجسام ینتقل الی الاذن فتشعر به. والدلائل علی ذلك کثیرة منها: اننا اذا ملأنا کأسا من الزجاج ماء الی نصفها وبللنا اصابعنا بالماء وفرکنا جوانب الکأس حتی تصوت رأینا

ان الماء يضطرب فيها حينئذ قليلا وما ذلك الا من اهتزاز دقائقها . واذا قرعنا جرسًا او جسمًا آخر حتى يرن ولمسناه بالانامل شعرنا باهتزاز واضح فيه . و اذا شددنا وترًا وجررنا عليه قضيبًا اهتز واسمع لاهتزازه صوتًا .



الشكل ١١٧

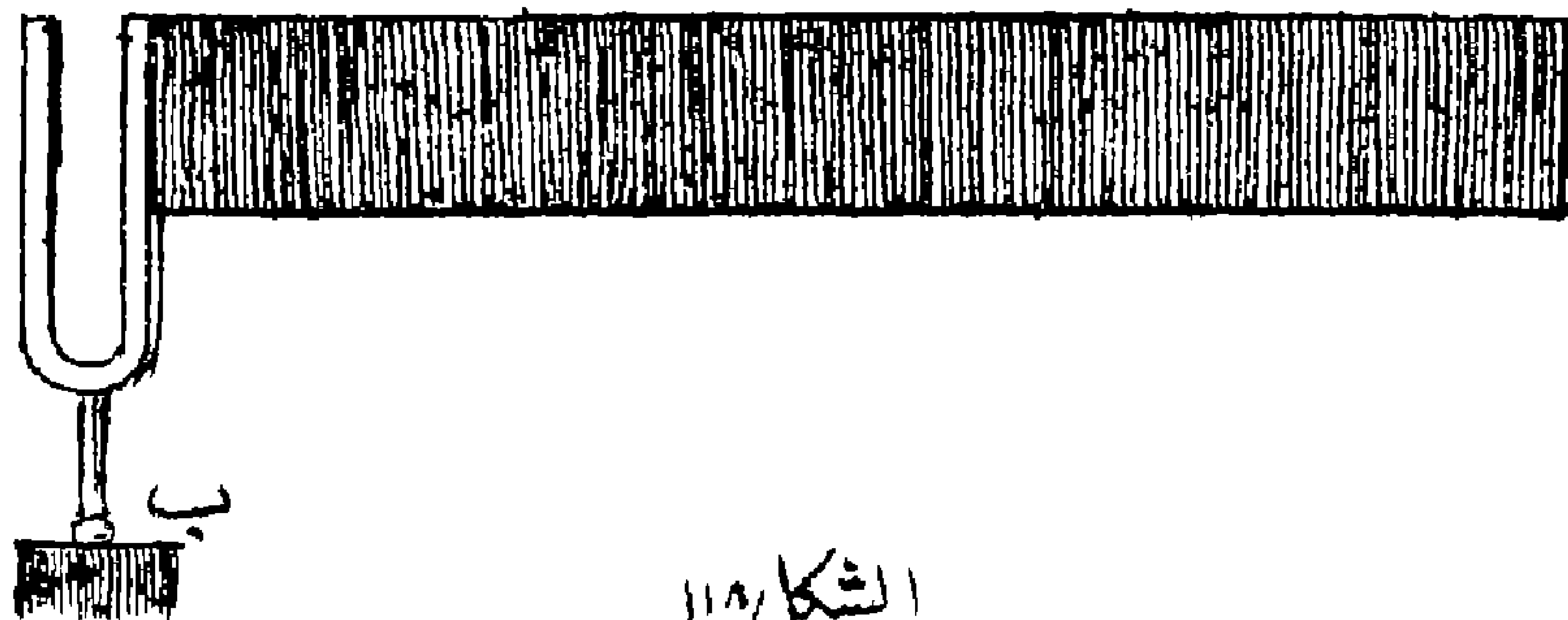
واذا ضربنا مقياس القرار بجسم صلب تهتز دقائقه فيحدث من اهتزازها صوت رنان . ثم اذا ادنيناه من وجوهنا شعرنا بنسمات الهواء التي يدفعها باهتزازه واذا وضعنا مقبضه بين اسناننا شعرنا باهتزازه جيدًا . واذا وصلنا قطعة من المعدن محددة الراس بشعبة من شعبتيه كما فى الشكل ١١٧ ثم سحبناه على وجه زجاجة مدخنة يرسم خطًا متعرجًا يدل على اهتزازه وعلى عرض كل منها من طرف تعريجة الى طرفها الآخر

نستنتج من هذه التجارب وامثالها ان الاجسام اذا قرعت تهتز دقائقها فيحدث الصوت من اهتزازها . ويسمى الجسم المهتز المحدث للصوت الجسم الصائت والجسم الناقل الصوت الى الاذن وهو الهواء غالبًا الموصل . ويكون مرنًا دائمًا . فاذا قرعنا جرسًا فالجرس هو الصائت والهواء الموصل .

(١٩٦) انتقال الصوت فى الهواء * قلنا ان الصوت يحدث من اهتزاز دقائق الاجسام وان موصله يكون مرنًا دائمًا فانتقاله فى هذا الموصل لا بدّ ان يكون بتموج دقائقه . ويتضح ذلك من مقياس القرار والقطعة المحددة المتصلة باحدى شعبتيه (الشكل ١١٧) فانه اذا رنّ المقياس تهتز القطعة المحددة فتتقدم دقائقها قليلا ضاغطة الهواء امامها ثم ترجع تاركة ما بينها وبين الهواء المضغوط هواءً لطيفًا ولا تزال تتقدم وترجع كذلك حتى لا تعود

اهتزازاتها كافية لاحداث الصوت •

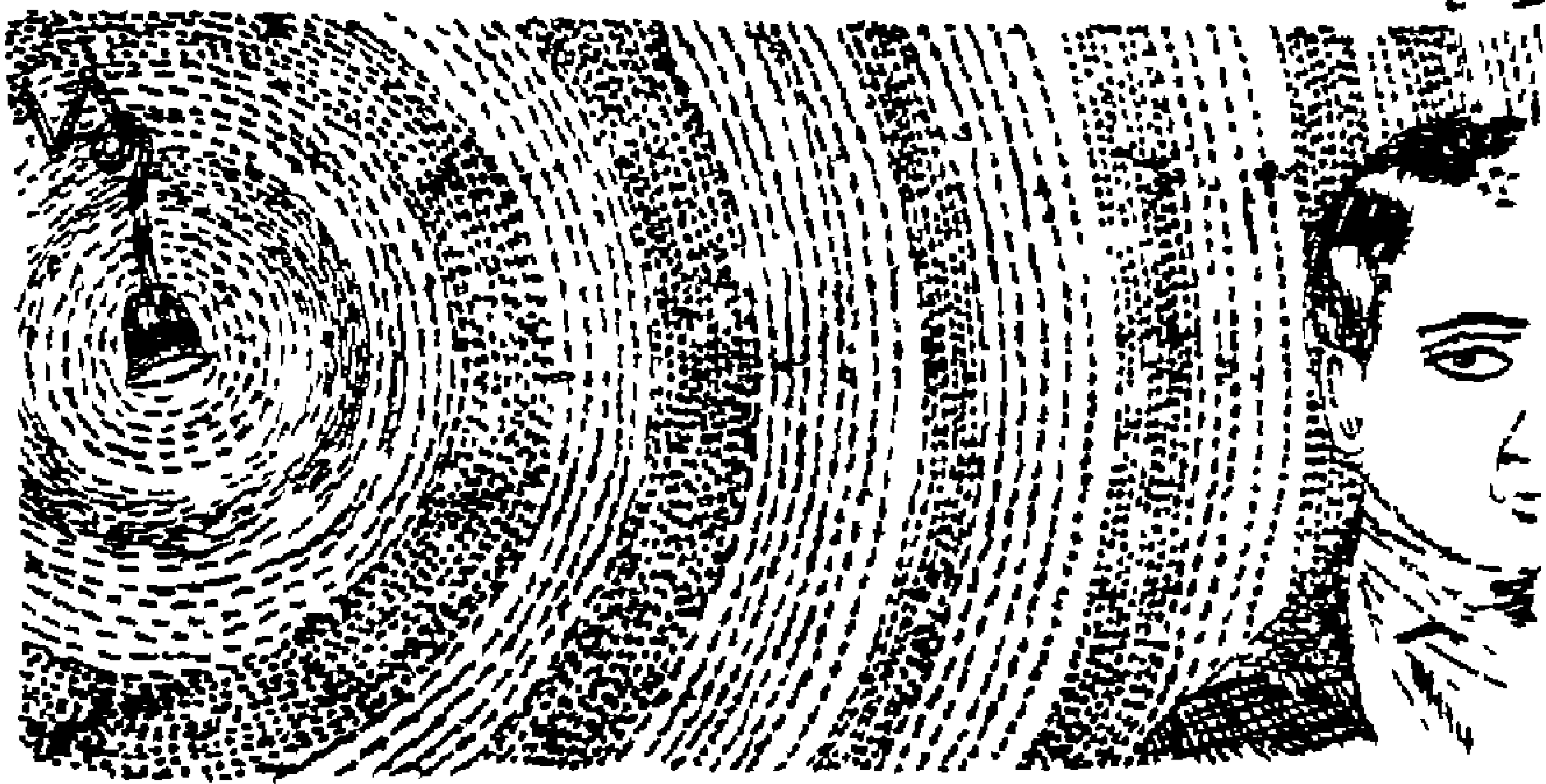
فيحدث من كل اهتزازة من اهتزازاتها موجة من امواج الصوت وهذه الموجة مؤلفة من هواء متكاثف وهواء متلطف فينزل الهواء المتكاثف من موجة الصوت منزلة راس الموجة من موجة الماء (٣ عد ١٥١) وينزل الهواء المتلطف منها منزلة المطمئن من موجة الماء. ويقاس طول موجة الصوت من تكاثف الى تكاثف او من تلطف الى تلطف ترى صورة امواج الهواء فى الشكل ١١٨ فالاجزاء الحالكة السواد ا ب س د تدل على التكاثفات من الامواج والاجزاء الخفيفة السواد اَ بَ سَ دَ تدل على التلطفات منها. اذا اطلقنا مدفعًا فالغازات التى تتولد من البارود تتمدد بغتة فتضغط الهواء الذى حولها حتى يصير كانه كرة مجوفة باطنها فارغ ومحيطها هواء متكاثف. وهذه الكرة تضغط الهواء الذى حولها فتصيره كرة مجوفة اكبر منها وترجع هى بمرونتها فتصير لطيفة: والكرة الثانية تضغط الهواء الذى حولها ايضا فتصيره كرة اكبر منها وترجع هى بمرونتها وتتلطف فينتقل صوت المدفع بتموج الهواء تموجات متكاثفة فمتلاطفة حتى تزول. غير ان دقائق الهواء لا تنتقل من مكانها بالتموج الا قليلا كما ان دقائق الماء لا تنتقل فى الامواج من مكانها الا بقدر علو الموجة (عد ١٥٢) اما دقائق الماء فتتحرك تحركا سميتيا اى طالعًا ونازلًا واما دقائق الهواء فتتحرك تحركا افقيا اى انها تتقدم وتتاخر فى جهة التموج ولا ترتفع وتهبط •



الشكل ١١٨

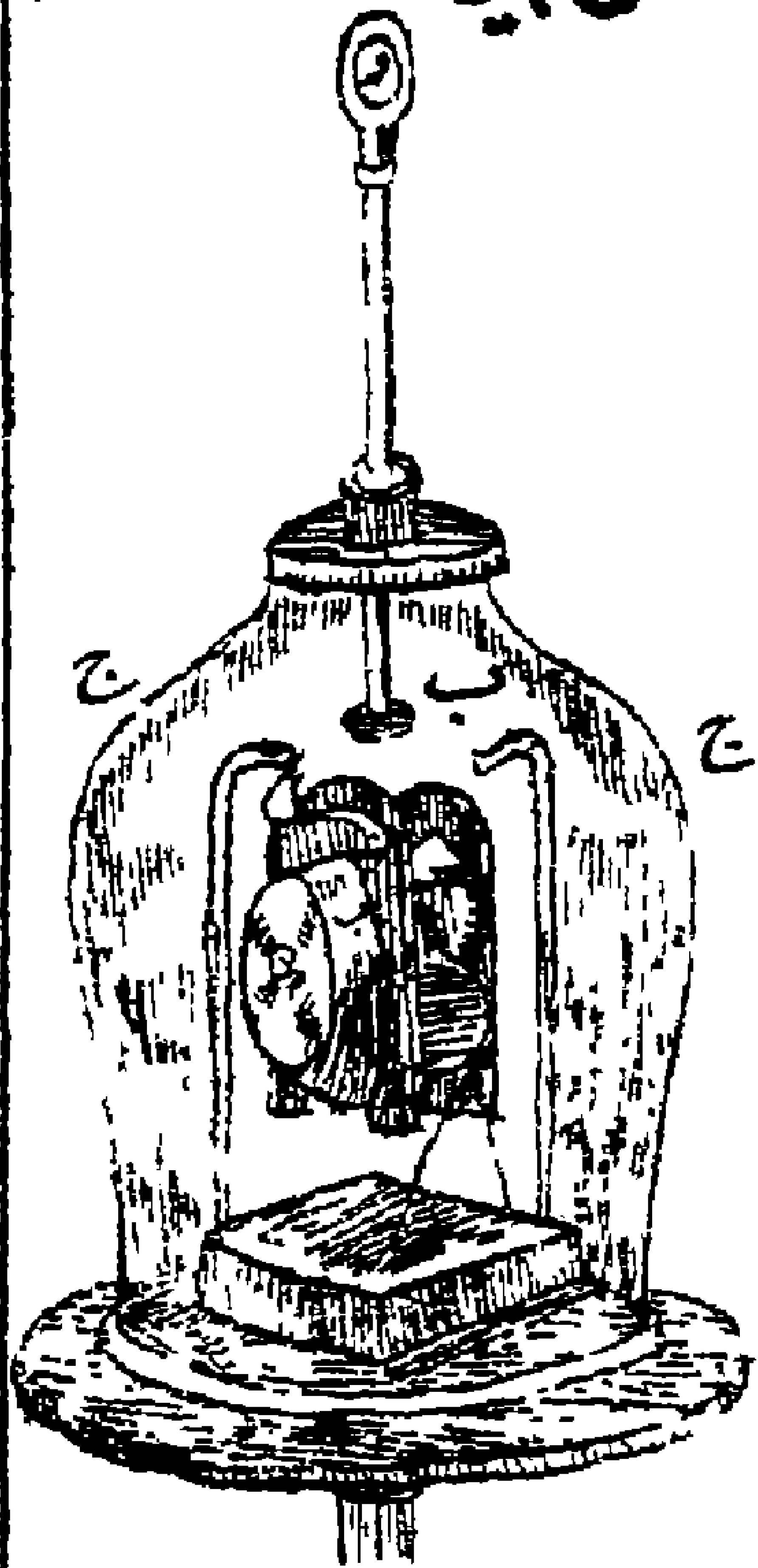
واذا دُق الجرس تهتز دقائقه فتتقدم قليلا وتدفع الهواء المباشر لها وتضغطه فتكثفه ثم ترجع فيلحقها قسم من دقائق الهواء الملامسة لها فقط ولذلك يكون بينها وبين الهواء المتكاثف هواء متلطف فيحصل منها موجة قسم متلطف وهو الملامس لدقائق الجرس وقسم متكاثف وهو ما يليه وهذا القسم المتكاثف يتقدم قليلا فيضغط الهواء المباشر له ويكثفه ثم يرجع

هو ويتلطف فيحصل من ذلك موجة اخرى قسم منها كثيف وقسم لطيف . وعلى ما تقدم ينتقل صوت الجرس بهواء يتكاثف تارة ويتلاطف اخرى (الشكل ١١٨) حتى يصل الى الاذن فتسمعه واذا تكلمنا لا ننقل الهواء من الرئتين الى اذن السامع وانما نكثف بما الهواء المباشر لافواهنا وهذا يكثف ما حوله فتحدث من ذلك امواج صوتية مستديرة تنتقل حتى تقع على اذان السامعين فيسمعون كلامنا . وهذه الامواج مستديرة مثل الامواج المستديرة التي تحدث في الماء من القاء الحجر فيه .



(الشكل ١١٩)

(١٩٧) الصوت في الفراغ . اذا لم يكن موصل بين الجسم المهتز والاذن فلا يُسمع له صوت . ولذلك اذا دُقّ الجرس في وعاء قد تفرّغ الهواء منه لم يُسمع صوت رنينه مع انه يهتز والهواء لا يزال موجودا خارج الوعاء .



(الشكل ١٢٠)

وهذه صورة آلة يمتحنون بها ذلك (الشكل ١٢٠) . هي قابلة من الزجاج ج ج داخلها جرس ب ودواليب فتحرك الدواليب بالقضيب د وترن الجرس . فاذا تفرغ الهواء حينئذ من القابلة بمفرغة الهواء لم يسمع للجرس الا صوت خفيف ولو وضعت الاذن بلصق القابلة وكلما تلطف هواء القابلة بتفريغه منها ضعف الصوت حتى

ينقطع تماما فى الفراغ الكامل ولذلك لا يصل صوت النجوم (١) الى الارض فتجرى الدرارى فى افلاكها ولا يسمع صوتهم" كما قال داؤد النبى. وقيل ان صوت لبندقيه على راس الجبل الابيض ليس اقوى من طقطقة الحجر وانه يعسر التكلم عليه لان الناس لا يسمعون بعضهم بعضا هناك الا بالصوت الجهير من لطافة الهواء وكلما اكاثف الهواء اشتد الصوت فالذين ينزلون الى المناجم العميقة او يغوصون فى ناقوس الغواصين لا يطيقون الكلام ولو وشوشة لاشتداد الصوت عندهم من كثافة الهواء

(١٩٨) انتقال الصوت فى السائلات والجوامد* ان الهواء هو موصل صوت الى الاذن غالبا وانما قلنا غالبا لانه قد يوصل بغيره اذ جميع المواد المرنة غازية كانت او سائلة او جامدة تصلح لنقله كما يتضح مما يأتى.

اذا افرغنا القابلة المذكورة (عد ١٩٧) من الهواء حتى لا يسمع صوت رنين الجرس فيها ثم عدنا فملأناها غازا ايا كان سمعنا رنين الجرس وكذلك اذا قرعنا حجرين فى الماء سمعنا صوت قرعهما جليا واذا غاص غائص فى البحر وقرع له جرس عن بعد فى الماء سمع صوته . واذا خمش بالقلم على طرف قضيب من الخشب او الحديد وجلس رجل يتسمع على الطرف الآخر يسمع صوت الخمش ولو كان طول القضيب ٣٥ ذراعا. وكذلك من يضع اذنه بلصق الارض ليلا يسمع صوت همس الاقدام عن بعد والظاهر ان الكلب يشعر بقدوم الاشخاص من بعيد من وضع اذنه بلصق الارض. كذلك اصوات المدافع تسمع عن بعد عظيم بانتقالها فى الارض الجامدة.

(١٩٩) سرعة الصوت على الاطلاق* تتوقف سرعة الصوت على مرونة وكثافة الوسط الذى ينتقل فيه. فكلما زادت مرونة الوسط اسرعت امواج الصوت فى الانتقال فيه لان المرونة تعمل فى الدقائق عمل الزنبرك المتمدد وكلما زادت كثافته كثرت الدقائق المهتزة فتبطئ امواج الصوت فى الانتقال فيه. ويصح ما تقدم على جميع الاجسام كما سترى.

(٢٠٠) سرعة الصوت فى الهواء* كلما بعدت المسافة بيننا وبين الجسم الصائت تباطأ الصوت فى الوصول الينا. فاذا وقفنا بجانب قطاع

(١) ويحتمل ان يكون بين السيارات مادة على غاية اللطافة فلا تسمع صوتا وهى مسئلة لم يزل الخلاف جاريا فيها.

حطب سمعنا صوت الفأس حال وقوعها على الحطبة واما اذا ابتعدنا عنه فنرى الفأس تقع على الحطبة اولاً ثم نسمع صوتها بُعيد ذلك. واذا أُطلق مدفع بجانبنا رأينا نور اطلاقه حالما نسمع صوته واما اذا أُطلق بعيداً عنا فنرى نوره اولاً ثم نسمع صوته لان الصوت يحتاج الى زمان حتى يصل من المدفع الينا واما الضوءُ فلا. وقد وجدوا بالتجربة ان سرعة الصوت فى الهواء ١٠٩٠ قدما فى الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٣٢ فارنهيت)

وتزيد سرعة الصوت كلما زادت حرارة الهواء لان الحرارة تقلل كثافة الهواء ولذلك يزيد الصوت سرعة فى ايام الحر عما يكون فى ايام البرد ومقدار هذه الزيادة نحو قدم واحدة كلما زادت الحرارة درجة واحدة بترمومتر فارنهيت. هذا ولما كانت سرعة الصوت تقل فى الاجسام الكثيفة وتزيد فى اللطيفة فسرعته فى غاز الحامض الكربونيك ٨٥٨ قدما وفى الاكسجين ١٠٤٠ قدمًا وفى الهيدروجين ٤٢٢٣ قدما وكلها فى الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠١) سرعة الصوت فى السوائل والجوامد * سرعته فى الماء ٤٧٠٨ اقدام فى الثانية ولو كانت مرونة الماء كمرونة الهواء لكانت سرعة الصوت فيه اقل من سرعته فى الهواء لان الماء اكثف منه. ولكن مرونة الماء اقل من مرونة الهواء بمقدار يجعل سرعة الصوت فيه اكثر من اربعة اضعاف سرعته فى الهواء. واما سرعة الصوت فى الجوامد فاعظم من سرعته فى الهواء ويتضح ذلك مما اذا وضع انسان اذنه على طرف قضيب من الحديد وضرب انسان آخر طرفه الثانى بمطرقة فيسمع المصغي صوتين متعاقبين الاول اتيا على الحديد والثانى على الهواء.

وقد وجدوا سرعة الصوت فى الحديد ١٦٨٠٠ قدم وفى النحاس ١١٠٠٠ قدم (نحو عشرة امثال سرعته فى الهواء) وفى السنديان ١٠٩٠٠ قدم وكلها فى الثانية.

(٢٠٢) ان سرعة كل الاصوات متساوية * كل الاصوات المنتقلة على موصل واحد تنتقل بسرعة واحدة سواءٌ كانت عالية او منخفضة حادة او ليّنة.

ودليل ذلك اننا نسمع اللحن عن بعد بجميع انغامه كما نسمعه عن قرب ويبقى اللحن فيه واحداً مهما تعددت اصوات المغنين وزاد البعد. وامتُحن ذلك ايضاً بأن غنّى بعضهم بالفلوت عند طرف انبوبة طولها اكثر من نصف ميل واصغى آخرون عند طرفها الآخر فلم يجدوا فى اللحن اختلاطاً ولا اضطراباً وعليه قيل ان قصيف الرعد لا يسبق فى السرعة وشوشة الطفل ولا دندنة النحلة

الا ان هذا الحكم لم يثبت بالاستقراء والظاهر انه لا يصحّ اطلاقه. قال ملت انه حشا الافى الفى لبيرا من البارود واطلقها فكانت سرعة صوتها ٩٦٧ قدماً فى الثانية ثم حشاها اثنى عشر الف لبيرا فكانت سرعته ١٢١٠ اقدام فى الثانية. وقال القبطان پرى كنت بعيداً عن السفينة ونحن مسافرون نحو القطب فسمعت صوت اطلاق مدفع الغروب ثم سمعت صوت الآمر باطلاقه ١٨. فذلك يدل على ان الصوت الشديد يسبق الضعيف خلافاً لما تقدم.

(٢٠٣) استعلام البعد من سرعة الصوت * قلنا ان سرعة الصوت فى الهواء ١٠٩٠ قدماً فى الثانية (عد ٢٠٢) فاذا رأينا فأس الحطّاب تقع على الحطب ثم سمعنا صوتها بعد ثانية علمنا ان الحطّاب يبعد عنا الفاً وتسعين قدماً * واذا رأينا البرق ثم سمعنا الرعد بعده بخمس ثوانٍ علمنا ان الصاعقة نزلت على بعد ٥×١٠٩٠=٥٤٥٠ قدماً

تستعلم الثوانى التى تمرّ بين وميض البرق وهزيم الرعد من عقرب الثوانى فى الساعة او من ضربات النبض والمعتاد ان تحسب سرعة الهواء ١١٢٠ قدماً فى الثانية لان هذه سرعته على درجة ٦١° ف وهى معدّل حرارة الهواء تقريباً. ويندر ان تكون حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠٤) شدّة الصوت * ان شدّة الصوت تزيد وتنقص على ما يأتى

اوّلاً. ان شدّة الصوت متوقفة على سعة اهتزازه.

سعة الاهتزاز هى الفسحة التى تتحرك فيها دقائق الجسم الصائت ذهاباً واياباً وهذه كلما زادت زادت سرعة الدقائق كما ان سعة الرقّاص كلما زادت زادت سرعة خطرانه. وكلما زادت سرعة الدقائق زاد زخمها لان زخم الجسم يساوى سرعته فى ثقله (عد ٧٠)

وشدّة الصوت انما هى عبارة عن مصادمة دقائق الهواء الاذن السامع بزخم عظيم فاذاً اذا زادت سعة الاهتزازات زادت شدّة الصوت واذا صغرت السعة ضعف الصوت. ثم ان دقائق الهواء تكون على قمم الجبال الشامخة اقلّ مما تكون على سفوحها لان هواء القمم الطف من هواء السفوح. فاذا انتقل الصوت على هواء القمم الشامخة لا يصيب الاذن الّا دقائق قليلة من دقائق الهواء فيكون زخمها ضعيفاً والصوت كذلك.

ثانياً. ان شدّة الصوت تقل بقدر ما يزيد مربع البعد عن الجسم الصائت

وذلك لان الصوت ينتقل فى امواج كالكرات الجوّفة (عدد ١٩٦) فكلما كبرت الكرة كثرت الدقائق التى يلزم تحريكها فتضعف الاهتزازات لان عين القوة التى فى القرب تحرّك الدقائق القليلة فى الكرة الصغيرة تتوزع فى البعد على الدقائق الكثيرة فى الكرة الكبيرة. ويبرهن فى الهندسة ان سطوح الكرات متناسبة لمربعات انصاف اقطارها. ونصف قطر كرة الصوت هو بعدها عن الجسم الصائت الذى يحسب مركزاً لها. فاذاً القوّة التى تصدم بها دقائق الهواء المهتزة اذاننا تقل كزيادة مربّع بعدنا عن مصدر الصوت الذى اهتزت به اى ان شدّة الصوت تقلّ كزيادة مربّع بعدنا عن الجسم الصائت (١)

ويتضح هذا الحكم بالتجربة ايضاً فاذا صنعنا خمسة اجراس من حجم واحد وصوت واحد ووضعنا اربعة منها على بعد ٢٠ ذراعاً عنا وواحداً على بعد عشر اذرع وقرعناها وجدنا صوت القريب منها يساوى اصوات الاربعة الاخرى فى الشدّة وذلك لان بعدهٌ مضاعف بعده وصوتها يضعف بقدر مربع ذلك المضاعف اى $٢^٢ = ٤$ اعنى ان صوت الجرس الواحد منها يساوى ربع صوت الجرس القريب فصوت الاربعة معاً يساوى صوته

ثالثاً. ان شدّة الصوت تتغيّر بحسب حركة الهواء واتجاه الريح.

فاذا كان الهواء هادئاً سهل انتقال الصوت فيه اكثر مما لو تحرك. واذا كان متحركاً اشتد الصوت فى جهة الريح فاذا خاطب شخص شخصين حينئذٍ الواحد على جانب منه والآخر

(١) ان الجاذبية والنور والحرارة تجرى مجرى الصوت ايضاً فتنقص بزيادة مربع البعد فما يصدق على احدها من هذا القبيل يصدق على الآخر ويستدل من نواميسها بالادلة البينة على ان واضعها واحد ومجريها على سنن واحد

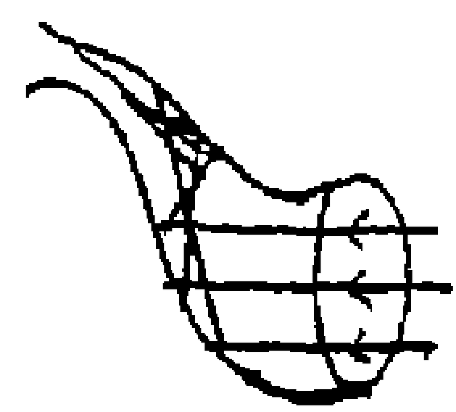
على الجانب الآخر وكلاهما على بعد واحد منه كان صوته اشد عند الذي تحمل الريح الكلام اليه.

رابعا. ان شدة الصوت تتوقف على قرب الجسم المصائت من الاجسام الرنانة

فاذا جعلنا خيطا يهتز في الهواء بعيدا عن ان يقارب جسما رنانا كان صوته ضعيفا واما اذا جعلناه يهتز بقرب قيثارة او رباب اسمع صوتا شديدا.

(٢٠٥) انابيب التكلم. هي انابيب توضع في الابنية الكبيرة بين غرفة واخرى حتى اذا اراد الانسان ان يكلم غيره يكلمه وهو في مكانه بوضع فمه على فم الانبوبة فيسمعه الآخر بوضع اذنه على فمها الآخر والسبب في وصول الصوت الى اذن السامع انه يحصر في الانبوبة فلا يتبدد ولا تقل شدته بل يجري الى ابعد مما يجري بدونها. قال بيو انه كان يتكلم مع غيره في انبوبة طولها ٣١٢٠ قدما بباريس ويسمع اضعف الاصوات.

(٢٠٦) القرن السمعي وقرن التكلم والمستقصية. القرن السمعي انبوبة تنتشر من الاسفل كالجرس يضعها الثقيلو السمع على آذانهم فتجمع اليها امواج الصوت وتزيد شدته فيسمعونه (الشكل ١٢١) وقرن التكلم هو بوق العسكر المعروف بالنفير ويوصل الصوت الى بعيد لانه يقوّيه بسبب اهتزاز دقائق الهواء فيه وانعكاس امواج الصوت عن جدرانه وخروجها منه في خطوط موازية لمحوره. والمستقصية من اجود الآلات السمعية وهي اسطوانة من الخشب القاسي طولها نحو قدم وعرضها



الشكل ١٢١

عند طرفيها الواحد ١/٢ قيراط ومثقوبة من الطرف الواحد الى الآخر. فيضع الطبيب طرفا منها على موضع المرض من المريض والطرف الآخر على اذنه فيعرف من الصوت الذي يسمعه بها وجود الداء في الصدر

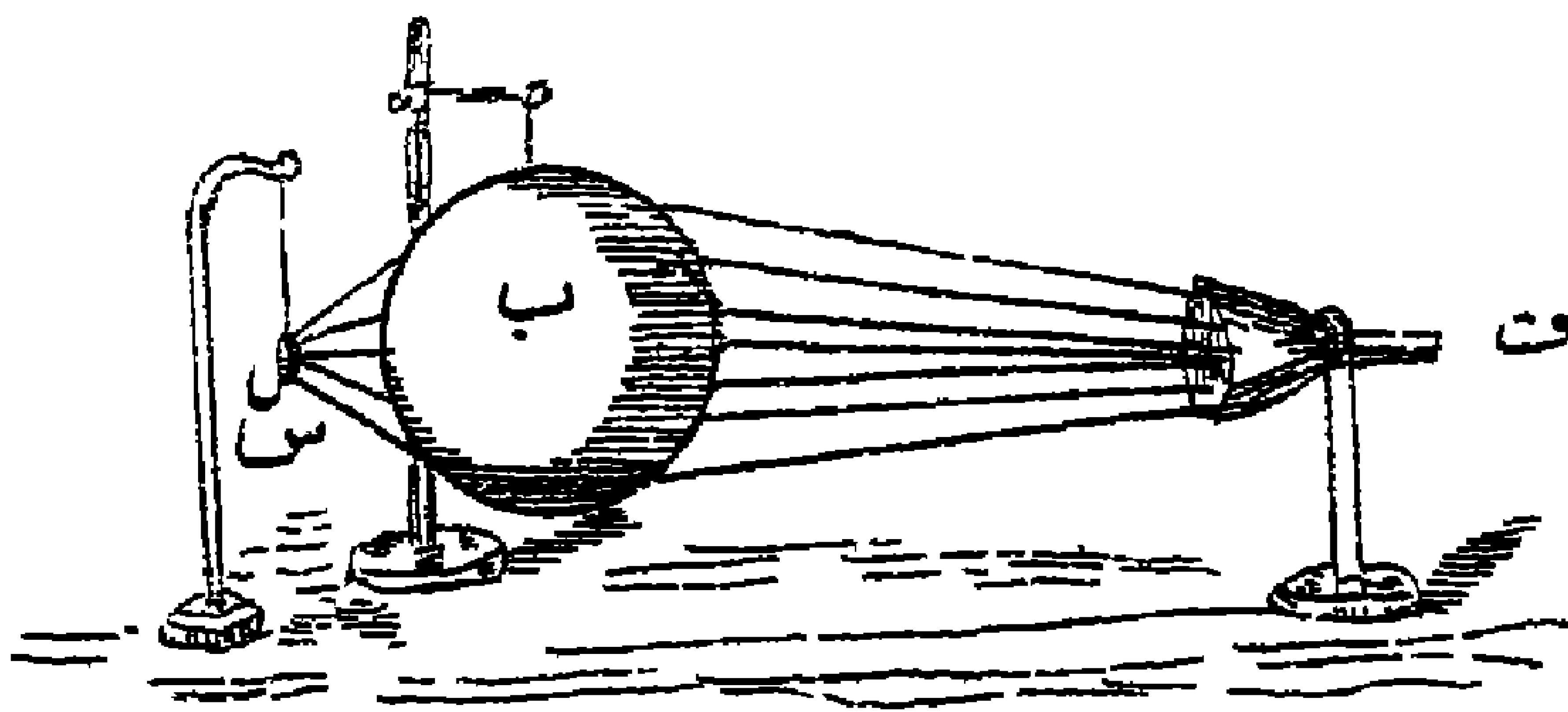


الفصل الثانى

فى انكسار الصوت وانعكاسه

(٢٠٧) انكسار الصوت * اذا نفذت موجة من امواج الصوت سطحين او اكثر كما اذا نفذت الماء ثم الهواء مائلة عليهما انحرفت عن طريقها الاول وسارت فى طريق أخرى كانها انكسرت عن استقامتها . وذلك ما يقال به انكسار الصوت وعليه يمكن تكبير الصوت وجمعه فى نقطة واحدة كما ترى .

خذ زقا مستديرا من المغيط الرقيق ب فى الشكل ١٢٢ واملأه غاز الحامض الكربونيك



الشكل ١٢٢

ثم علق تجاهه ساعة س وضع قبالته على الجانب الآخر قمعا ف وضع اذنك على طرف القمع عند ف فتسمع تكة الساعة هناك فقط . واذا رفعت اذنك او خفضتها انقطع الصوت عنك وذلك لان صوت الساعة انتقل فى الهواء حتى اصاب الزق فلما نفذه ونفذ غاز الحامض الكربونيك الذى فيه انكسر فانحرف عن طريقه واجتمع اخيرا فى ف ودخل الاذن عند ف كما ترى فى الخطوط الخارجة من س قبل وقوعها على الزق وبعد خروجها منه .

(٢٠٨) انعكاس الصوت * قد تقدم ان الصوت ينتقل فى الهواء على شكل الكرات المجوفة (عدد ١٩٦) فاذا لم يعرض لهذه الكرات عارض لا تزال تتسع حتى تمحى . واما اذا عارضها حاجز فانه يصدها عن السير فترجع عن طريقها

الاولى منعكسة عنه وتسير في دوائر مركزها خلف ذلك الحاجز كما ان كرة اللعب ترجع منعكسة اذا اصدمت حائطا. وذلك ما يقال له انعكاس الصوت وهو يجري على ناموس انعكاس الحركة اعني ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس. ويتضح ذلك مما يأتي من الامثلة.

روى العلامة تندل ان اهل هيلغولند اقاموا جرسا على تل بعيد عن مدينتهم فلم يستطيعوا سمع صوته فوضعوا خلفه مرآة (۱) تعكس صوته نحو المدينة فصاروا يسمعونه واضحا. ويجري مجرى هذه المرآة القبب والسقوف والجدران المقعرة التي تبنى في الكنائس والجوامع ونحوها لتعكس صوت المتكلم نحو السامعين بدون ان يتبدد. ومما يذكر هنا ما رواه العلامة يوحنا هرشل عن كنيسة في سيسيليا وهو ان قبتها كانت مبنية بحيث تعكس كل ما يقال في محل الاعتراف الى بقعة بعيدة عنه وكان بناء ذلك عن غير قصد فاتفق ذات يوم ان رجلا اكتشفه فجعل يتردد هو ورفقاؤه الى البقعة ويسمعون فيها اعترافات المعترفين فاتت زوجته يوما لتعترف وكان هو ورفقاؤه يتسمعون كجاري عادتهم فسمع منها امورا لم تخطر له على بال فانصرف وقد اصابه من الكمد والغيظ ما زاد عن انشراحه بالكشافه. وعلى هذا النمط بنى ديونيسيوس الظالم ملك سرقوسة سجنه المعروف باذن ديونيسيوس لانه كان ينقل الى اذنه كل ما يتكلم به المسجونون فيه. ومثله غرف الوشوشة وهي غرف مصنوعة على شكل اهليلجي حتى انه اذا وقف شخصان في محترقيها ووشوش الواحد الآخر فهم كلامه والذين بينهما لا يسمعون شيئا منه. ويوجد منها في باريس ونيويورك وواشنطون. وعليه اذا كان سطحان مقعران كالكهفين في بستان او عقدين على جانبي سوق فقد يمكن للذين يقفون في بؤرتيهما ان يوشوشوا بعضهم بعضا وغيرهم يصخ في ما بينهم. قيل ان قلع قارب قعرته الريح مرة على شكل انه صار يجمع الصوت الى محترق سمع به جرس عن بعد مئة ميل في البحر.

(۱) ليس المراد من المرآة هنا الجسم المعروف من الزجاج وانما المراد بها جسم من النحاس او نحوه مقعر حتى يعكس الصوت ويجمعه في نقطة واحدة تسمى في الاصطلاح محترقا او بؤرة.

(٢٠٩) ضعف الصوت بالانعكاس: اذا قرعنا جرساً في قابلة من الزجاج (الشكل ١٢١) سمعنا صوتاً ضعيفاً بالنسبة الى صوته في الهواء وذلك من انعكاسه عن جدران القابلة ولهذا السبب يفرش الناس احياناً قشور الاشجار التي يدبغ بها في اراضي بيوتهم فتضعف الاصوات فيها بانعكاسها من قشرة الى قشرة.

ولهذا السبب ايضاً لا يصل صوت الرعد الى بعد مناسب لشدته فان الهواء يكون حينئذ مختلف الكثافة فيعكسه مراراً عديدة فيضعف ولهذا ايضاً لا تكون اصوات المدافع شديدة في المعارك فكثيراً ما ذكر ان الجيوش انكسرت في المعارك من قلة المدد والمدد قريب منها ينتظران يسمع صوت مدافعها. فان الهواء والدخان والغبار المنعقد في الجو تعكس الصوت دفعات عديدة فيضعف. ولهذا ايضا يضعف الصوت نهاراً لان كثافة الهواء تتفاوت كثيراً من حر الشمس وتصاعد الابخرة وبرد الظلول وما اشبه فينعكس الصوت عن الهواء مراراً كثيرة فيضعف خلافاً لما يكون ليلاً فان كثافة الهواء تكاد تتساوى في كل اجزائه حينئذ فيقوى الصوت لقلة الانعكاس. ولذلك قال العلامة همبلدت ان الليل يحمل الصوت الى البعد مما يحمله اليه النهار وهو امر مشهور.

(٢١٠) الدوي: اذا كان السطح العاكس قريباً من الجسم الصائت رجع الصوت عند وانضم الى الصوت الاصلي فقواه ويسمى هذا الصوت الراجع عن قرب الدوي.

ومن الامثلة عليه ان من يتكلم في البيت يكون صوته اشد وكلامه اوضح مما لو تكلم خارجاً لان حيطان البيت تعكس صوته بعد وقوعه عليها وترده الى صوته الداخل اذن السامع فتقويه. ومن يمشي في بيت فارغ او يتكلم في الحمام يسمع لمشيه وكلامه صوت شديد من الدوي. ومن يضع أذنه على فم بوق يسمع دوياً لان البوق يجمع الاصوات المتفرقة في الهواء ويعكسها. ومن عدم الدوي يضعف الصوت في البيوت المفروشة بالاثاث والمأهولة بالسكان.

(٢١١) الصدى: اما الصدى فهو الصوت المنعكس الممتاز عن الصوت

الاصلي فيكون الفرق بينه وبين الدوي بعد السطح العاكس فيه حتى يرجع الصوت مسموعاً ممتازاً عن اصله وقرب السطح العاكس في الدوي حتى لا يتميز الصوت الراجع عن الصوت الاصلي. فلا يرجع الصدى والحالة هذه عن بعدٍ اقل من ٥٠ قدماً من الجسم الصائت. ولا يرجع الا صدى الصوت القصير السريع عن بعد ٥٠ قدماً واما صدى الصوت الطويل كالالفاظ المشتملة على مقاطع فلا عن سطح اقرب من ١١٢ قدماً وذلك لان الانسان لا يقدر ان يلفظ ولا ان يسمع اكثر من خمسة مقاطع في الثانية فلا يلفظ الا مقطعاً واحداً في ⅕ الثانية. وقد تقدم ان سرعة الصوت على حرارة الهواء المعتادة ١١٢٠ قدماً في الثانية (عد ٢٠٣) فسرعته في ⅕ الثانية ٢٢٤ قدماً. ولذلك يقتضي ان يكون بعد السطح العاكس عن الجسم الصائت لا اقل من ١١٢ قدماً حتى يصل الصوت اليه ويرجع عنه في ⅕ الثانية. فاذن لا يرجع صدى المقطع عن بعد اقل من ١١٢ قدماً من الجسم الصائت. ولذلك اذا وقف الانسان امام مرآة عاكسة على بعد ١١٢ قدماً منها ولفظ هذه اللفظة قرنفلة المشتملة على خمسة مقاطع سمع صدى المقطع الاخير منها فقط وهو التاء المنونة. واذا ابتعد عنها حتى صار على ٢٢٤ قدماً سمع صدى هذا المقطع والذي قبله وهلم جرّاً بالابتعاد ١١٢ قدماً لكل مقطع حتى يسمع صدى اللفظة بتمامها.

ويتكرر الصدى في بعض الاماكن مراراً كثيرة من تعداد السطوح العاكسة وتفاوت ابعادها. فاذا أُطلق مدفع في وادٍ بين الجبال فقد يستمر رجيع صداه مدة من الزمان. ويتكرر الصدى ايضاً بين سطحين متوازيين او سطوح متوازية فقد ذكر ان الصوت الطبيعة يرجع بين ٥٠ او ٦٠ مرة في بعض الاماكن. ويقال ان في بلاد الانكليز مكاناً يرجع فيه صدى سبعة عشر مقطعاً في النهار وعشرين مقطعاً في الليل فاذا قال الرجل فيه هه كرر الصدى لفظته هذه سبع عشرة مرة او عشرين فيكون بعد سطح العاكس نحو ٢٣٠٠ قدم عنه هذا واذا وقف الصائت بحيث يقع صوته عمودياً على السطح العاكس رجع صداه اليه طبقاً لناموس انعكاس الصوت فيسمعه. ويمكن منه حساب بعد السطح العاكس عنه.

وذلك لان الصوت يقطع فى ذهابه الى السطح العاكس ورجوعه الى الصائت مضاعف بعد السطح العاكس عن الصائت . واذا حسب الثواني التى تمر من خروج الصوت ورجوعه اليه بالمقدى وضربها في

١٢٠ قدماً حصل معه مضاعف بعد السطح العاكس عنه فينصفه

فهو بعده عنه . فلنا من ذلك هذه القاعدة استعلم الثواني

التى تمر بين خروج الصوت ورجوعه واضربها في

١٢٠ او اقسم الحاصل على ٢ فالخارج بعد

السطح العاكس عنك [illegible]

تم

الفصل الثالث

في الصوت الموسيقي

(٢١٢) الصوت الموسيقي ❊ الصوت اما موسيقي وهو ما تتوالى فيه الاهتزازات بسرعة وانتظام كصوت المغني واما غير موسيقي وهو ما لا تتوالى الاهتزازات فيه بانتظام بل يعارض بعضها بعضا كهزيم الرعد وطقطقة الحجارة والضوضاء والجلبة فكل ما انتظمت اهتزازاته وبلغت سرعته حدا معينا يصوت صوتا موسيقيا بلا اختلاف .

فاذا اسرعت تكات الساعة مثلا حتى صار عددها خمسين او ستين في الثانية صارت صوتا موسيقيا واحدثت وقوعها على الاذن شعورا متصلا في النفس . وكذلك اذا اجرى دولاب على خمس وثلاثين حصاة في الثانية يتصل صوت طقطقاته عند وقوعه على الاذن فتسمع النفس صوتا موسيقيا تحنينا للدولاب . وقد شبهوا وقوع الصوت غير الموسيقي على الاذن بوقوع الضوء المرتجف على العين لان عصب السمع يتألم منه فتنحجب النفس كما تتألم العين من تعاقب الضوء والظلمة على عصب البصر

(٢١٣) صفات الصوت الموسيقي ❊ للصوت الموسيقي ثلاث صفات وهي العلو والنغمة والشدة والكيفية . فالعلو يتوقف على عدد الاهتزازات في الثانية فكلما ازدادت عددا علت نغمة الصوت . ودليل ذلك انك اذا اخذت نحاسة ووضعتها على اسنان دولاب دائر صاتت صوتا تعلو نغمته بزيادة سرعة دوران الدولاب والشدة متوقفة على سعة

الاهتزازات كما مرّ (عد ٢٠٤) والكيفية هي اختلاف الصوت باختلاف الآلة المصوّتة فاذا ضرب لحن على الكمنجة اختلفت نغمته عمّا لو غنّي على الفلوت وان يكن علوّها واحدًا في الآلتين.

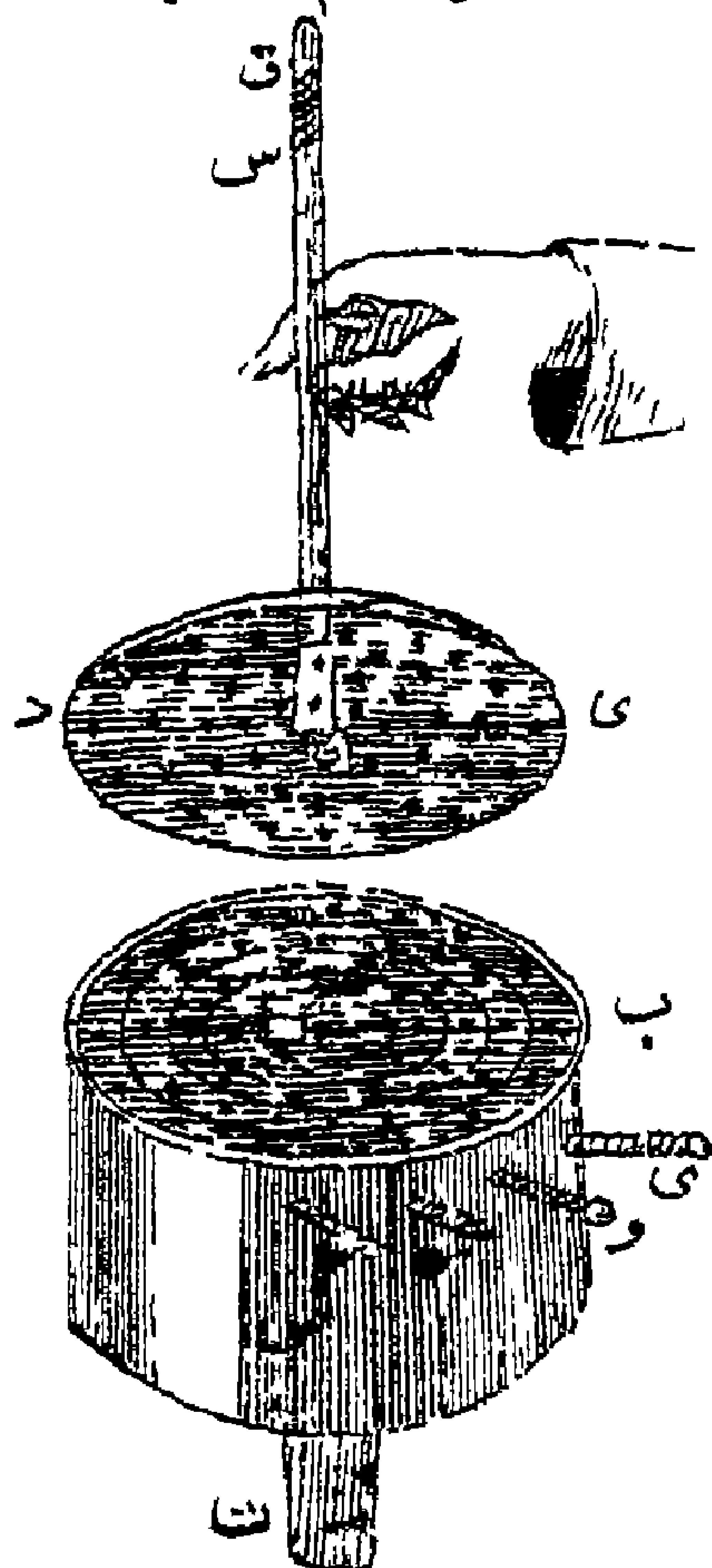
(٢١٤) استعلام عدد الامواج في صوتٍ موسيقي * لما كانت الاهتزازات في الصوت الموسيقي سريعة جدًّا لم تستطع العين على رؤيتها ولذلك لا يمكن عدّها الّا بالوسائط. وهذه الوسائط عديدة منها التور ومقياس القرار وآلة تسمى بالسيرين (١) وهي ابسطها واسهلها فهمًا.

السيرين مؤلف من صندوق اسطواني س (الشكل ١٢٣) له في قعره انبوبة ت يدخل الهواء منها اليه وله على وجهه غطاء ب مثقوب ثقوبًا عديدة في اربعة صفوف ففي الصف الداخلي منها ٨ ثقوب وفي الذي حوله ١٠ ثقوب والذي حول هذا ١٢ ثقبًا والاخير ١٦ ثقبًا. ومن دون الغطاء سدادات يسدّ بكل منها صف من الثقوب ود فرص كالغطاء ب وفيه ثقوب تطابق ثقوبه وفيه قضيب ينزل طرفه ق في التجويف ك من الصندوق ويدور فيه كما ينزل اللصوص في النقطة ويدور فيها. وس الحرف الاعلى لولب يدير احد دولابين حائد عن الثاني قليلًا له مترس واصبع طويل مثبت فيه بحيث يصل الى اسنان الثاني وكلما دار دورة يدفع او يحرّك سنًّا من الثاني وكلما دار اللولب دورةً يدير الاول سنًّا فقط وهما يديران عقربين على سينين عليهما فروض كما ترى في الشكل ١٢٤ فيكون الفرض على مينا الدولاب الثاني كناية عن مائة دورة من الغطاء د في الشكل ١٢٣.

(١) السيرين في خرافات اليونان اسم عذارى زعموا انهن مسخن فكنّ من رؤوسهن الى احقائهن في شبه الادميين ومن احقائهن فنازلًا في شبه الطيور وانهن كن يقطن بجوار جزيرة كبريا في البحر المتوسط ويغنين غناء مطربًا جدًا حتى كان المسافرون الذين يسمعون غناءهن ينسون اوطانهم وخلانهم وتاخذهم هزة الطرب فيموتون بما يطربون وقيل انهن كن يغنين ولا يظهرن للبشر فيطلبهن المسافرون فلا يجدونهن فيلقون انفسهم في البحر ويموتون هذا ولا يخفى ان عدد الاهتزازات هو عدد الامواج ايضا.

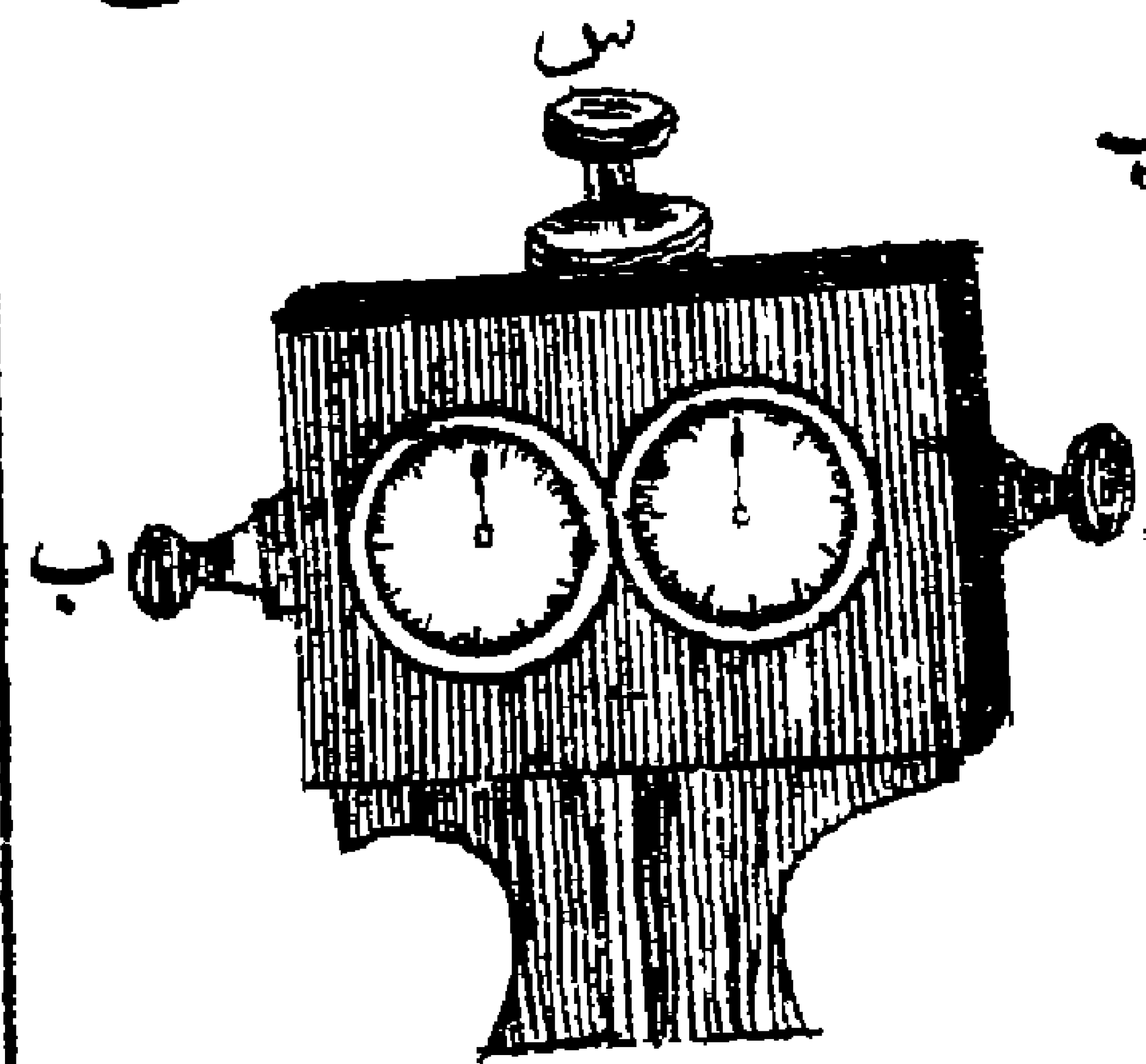
وكيفية العمل بها ان ينزل الطرف ق من القضيب فى التجويف ك ويركب القرص دى على الغطاء ب بحيث يقع نصف كل ثقب من ثقوبه على ثقب من الغطاء والنصف الآخر خارجه ويدخل مجرى من الهواء من الانبوبة ت الى الصندوق س فيطلب الخروج من ثقوب الغطاء التى هى تحتها فتعارضه جهات ثقوب الصندوق فيصدم العرض الذى تغطى ثقوبه اقساماً من ثقوب الغطاء كما تقدم و يديره . ففى دورانه تنطبق ثقوبه على ثقوب الغطاء تارة وتخالفها طوراً ولذلك يكون انفلات الهواء منها هبات هبات فما دام دوران القرص بطيئاً تتوالى هذه الهبات توالياً بطيئاً فتعدو اما متى اسرع فتتوالى سريعاً حتى يتصل بعضها ببعض وتصير صوتاً واحداً موسيقياً يزيد علواً كلما زادت سرعة الدوران وربما اتصل الى حد نائى الاذن سمعه لعظم ارتفاعه وينخفض كلما قلت حتى يرجع الى صوت الهبات .

بقى علينا ان نعد الهبات المتصلة التى حدث الصوت منها فنعرف عدد الاهتزازات لان الهبات هى نفس الاهتزازات . ويتم ذلك بواسطة العقربين فى الشكل ١٢٥ : سد صفوف الثقوب بالسدادات الا صفاً واحداً وليكن صف العشرة فرضاً ثم ادخل مجرى الهواء حتى يدير القرص ويصوت



الشكل ١٣١

صوتاً على علو معين فالامر واضح مما مر ان عقرب الدولاب الثاني الذي تدفعه اصبع الاول يدل على عدة الفروض من الصفر اليه على ميناه وهذا العدد يضرب في مائة فالحاصل يدل على دورات الغطاء وما تحت المائة من الدورات يعرف بعقرب الدولاب الاول على ميناه متى كان عقرب الدولاب الثاني بين فرضين . فاذا كان ذلك العلو موافقاً ج ٢ في السلم الموسيقي (انظر عد ٢٣١) دار الغطاء ١٥٣٦ دورة في الدقيقة فيكون عدد الهبات التي هبت من الثقوب العشرة في هذه الدقيقة ١٥٣٦٠ هبة . اقسمها على ٦٠ فيخرج ٢٥٦ هبة في الثانية . اذاً عدد الاهتزازات في صوت علو ج ٢ ٢٥٦ اهتزازة في الثانية . واذا سد صف العشرة الانقاب وفتح صف الاثني والستة عشر ثقبا يزيد عدد الاهتزازات في الثانية فيكون الصوت اعلى . واذا فتح صف الثمانية وسدت البواقي ينقص عدد الاهتزازات في الثانية فينخفض الصوت واذا فتحت كلها معاً تصوت جميع اصوات الديوان (عد ٢٣١) وذلك دليل على ان عدد اهتزازات النغمة في ديوان هو مضاعف اهتزازات تلك النغمة في الديوان الذي دونه .



الشكل ١٢٤

(٢١٥) استعلام طول الموجة في صوت موسيقي . اذا فرضنا ان حرارة الهواء كانت في الصوت المذكور آنفاً (عد ٢١٤) على درجة بها تسير الموجة الاولى مسافة ١١٢٠ قدماً في الثانية يكون عدد الامواج في تلك المسافة ٢٥٦ موجة فاقسم ١١٢٠ قدماً عليها فيكون طول الموجة ٤ اقدام واربعة قراريط فيستعلم طول امواج الصوت بقسمة سرعة الصوت على عدد اهتزازاته في الثانية

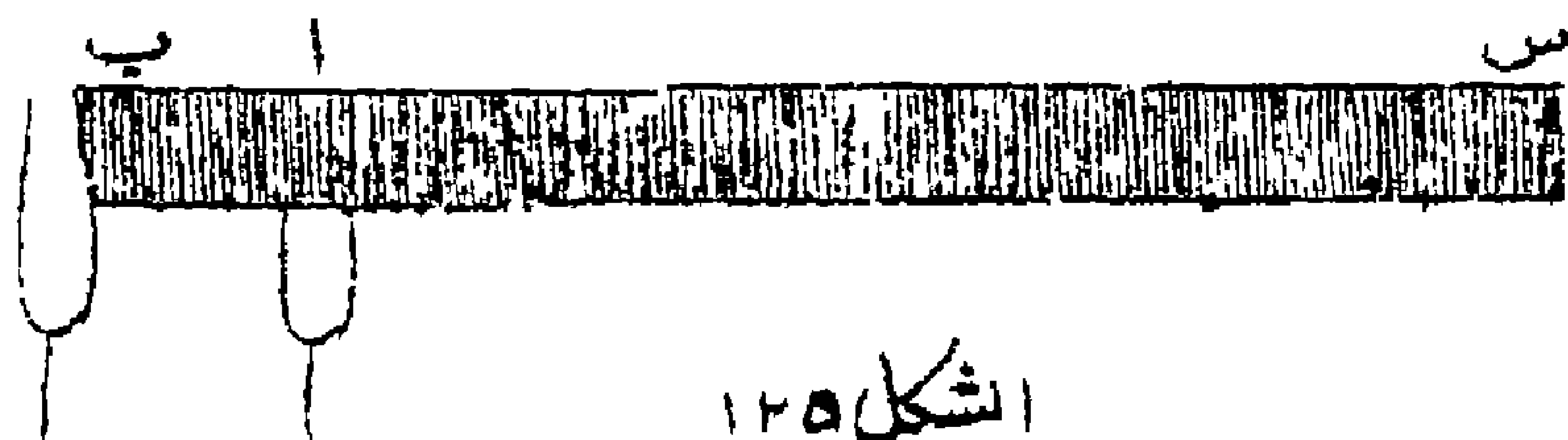
ولما كان علو نغمة الصوت متوقفاً على عدد اهتزازاته (عد ٢١٣) وبالتالي على سرعتها كانت الاصوات السافلة هي التي امواجها طويلة والعالية هي التي امواجها قصيرة ويتضح ذلك من طنطنة اجراس بغال القافلة فانها اذا كانت قادمة تقصر امواج اجراسها لقربها فيعلو صوتها واذا كانت ذاهبة تطول امواج اجراسها لبعدها فيسفل صوتها . وهو واضح

فی صفیر الارتال فان امواج صغیرها تقصر وهی قادمة لعظم سرعتها فیعلو الصفیر وتطول وهی ذاهبة فیهوطأ الصفیر وربما عرفت قدوم الرتل وذهابه من علو الصفیر وهبوطه ۔

(۲۱۶) استعلام عدد الامواج وطولها فی کل صوت موسیقی * اذا نطقت نغمتان کان عدد امواجهما واحداً سواء کان الصائت انساناً او عوداً او قیثاراً او طبلاً او غیرہ ولذلک اذا غنّی الانسان لحناً ولعبه آخر علی البیانو فاوتار حنجرۃ الانسان تهتز کخیوط الفولاذ فی البیانو وتکون امواجهما واحدۃ فی الطول ۔ فاذا اردنا ان نعرف عدد الامواج وطولها فی صوت آلة ادرنا القرص فی السیرین حتی یطابق صوتها ذلک الصوت واستعلمنا عدد ذبذباتها او طولها فذلک عدد امواجه وطولها ۔

کذا استعلموا ان البعوضة تصفق جناحیها وهی طائرۃ خمسة عشر الف صفقة فی الثانیة وان طول الامواج فی صوت المتکلم من ثمانی اقدام الی اثنتی عشرۃ قدماً وطول الامواج فی صوت المتکلمة من قدمین الی اربع فی الثانیة ۔

(۲۱۷) تراکیب امواج الصوت * (انظر الموج وعدد ۱۵۲) لما کانت الاصوات تخرج من کل بقعة من الارض کانت امواج الهواء تخرج من اماکن شتّی فی جهات شتّی ومتی التقت فاما ان تتوافق او تتخالف وهذا ما یقال له تراکیب امواج الصوت فتتوافق متی التقی الکثیف من موجة بالکثیف من اخری واللطیف باللطیف وحینئذ یزید الصوت الحادث منها شدۃ لانه یعدل مجتمع موجتین وتتخالف متی التقی الکثیف من موجة باللطیف من اخری فاذا کانتا متساویتین فی القوۃ محقت الموجة الواحدۃ الموجة الاخری فبطل الصوت وعلی ذلک قد ینتج عدم الصوت من اجتماع صوتین وهو یوافق قولهم قد ینتج سکون من حرکتین وظلمة من نورین وبرد من حرارتین ۔



الشكل ١٢٥

و لزيادة ايضاح ذلك لنضع مقياسين من مقياس القرار ا و ب فى الشكل ١٢٥ بحيث يكون البعد بينهما طول موجة ونجعلهما يهتزا اهتزازًا واحدًا حتى تتوافق امواجهما كما ترى فى الاجزاء الحالكة السواد والاجزاء الخفيفة السواد فيشتد الصوت . وكذلك يشتد اذا جعلنا البعد بينهما طول موجتين او ثلاث فما فوق واما اذا وضعنا الواحد على بعد نصف موجة من الآخر وكان اهتزازهما واحدًا فالكثيف من امواج ا يوافق اللطيف من امواج ب وبالعكس فيبطل الصوت ويعرف هذا التخالف بمعارضة امواج الصوت لان الامواج تعارض بعضها بعضًا . وتظهر هذه المعارضة فى مقياس القرار نفسه فانه اذا رنت شعبتاه وادير تدريجًا تجاه الاذن لم تسمع له صوتًا فى اربع نقط من الدائرة التى يدار فيها لان امواج الشعبة الواحدة تعارض امواج الاخرى فيبطل صوتهما فى تلك النقط

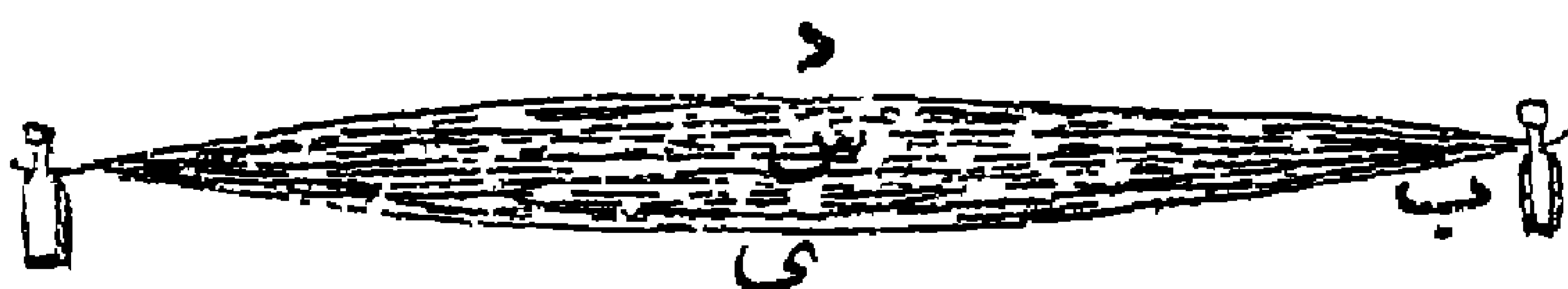
م

الفصل الرابع

في اهتزاز الاوتار والالات

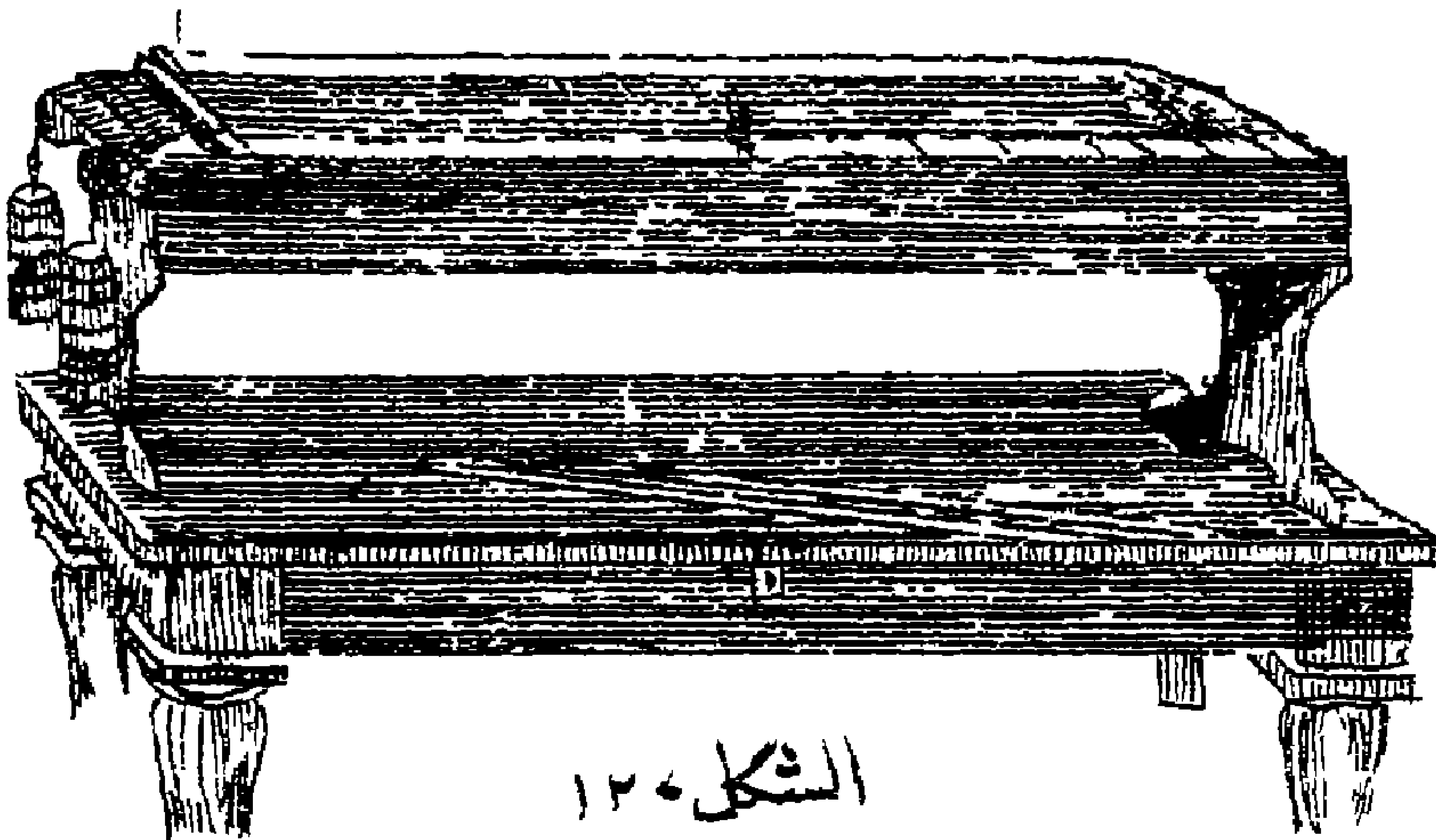
(٢١٨) الالات الموسيقية اما ان يحدث الصوت منها بالنقر على اوتارها وتسمى ذوات الاوتار واما ان يحدث منها بالنفخ على صفائح رقيقة فيها وتسمى الات النفخ فالاولى مثل القانون والعود والطنبور والثانية مثل الارغن والصور والمسحورة. اما ذوات الاوتار فيكون جل الكلام فيها على اهتزاز الاوتار واما الات النفخ فسياتي الكلام عليها.

(٢١٩) اهتزاز الاوتار. ليكن اب في الشكل ١٢٦ وترًا مشدودًا



الشكل ١٢٦

من طرفيه بحيث يهتز. فاذا انتقل في اهتزازه من ى الى د ثم من د الى ى قيل انه اهتز اهتزازة كاملة (عد ٥٦) واذا انتقل من ى الى د فقط قيل انه اهتز نصف اهتزازة. وتتوقف شدة صوته على سعة هذا النصف اي على بعد ى من د كما تقدم (عد ٢٠٤) وهذه الشدة قليلة جدًّا لان الهواء الذي يحركه الوتر باهتزازه قليل. ويعرف عدد اهتزازاته بالة تسمى الصونومتر اي مقياس الصوت فيعرف من ذلك علوّ صوته.



الشكل ١٢٧

(٢٢٠) الصونومتر. معناه مقياس الصوت وهو آلة مؤلفة من صندوق دقيق من الخشب وجحشين ثابتين عليه ليشد عليهما وتران اب وس د (الشكل ١٢٧) ويعلق بالطرفين السائبين من اطراف الوترين ثقلان ث ث ويوضع تحت الوترين جحش متحرك د لتطويلهما او تقصيرهما حسب المطلوب. فاذا سحبت القوس على الوترين يهتزان فيوصل الصندوق اهتزازها الى الهواء الذى داخله. وبهذا الاعتبار يكون الصندوق هو الصائت وتعرف به نواميس اهتزاز الاوتار.

(٢٢١) نواميس اهتزاز الاوتار. هى ثلاثة. اولها. ان عدد الاهتزازات فى الثانية يزيد بقدر ما ينقص طول الوتر

اى اذا اهتز الوتر اب (الشكل ١٢٨) ١٦ اهتزازة فى الثانية ثم وضع الجحش د على نصفه ليصير طوله نصف ما كان يهتز ٣٢ اهتزازة. ودليل ذلك اننا اذا نقرنا الوترين اب وس د صار لنا صوتا واحدا ثم اذا وضعنا الجحش د تحت منتصف احدهما صار صوته جوابا للصوت الثانى اى ان عدد اهتزازاته يتضاعف. وعلى ذلك يعرف اللاعب بالكمنجة والقيثار ونغاما مختلفة العلو بنقل اصابعه على الاوتار فيقصر طولها وتتغير اصواتها. ويوضع فى العود والبيانو اوتار مختلفة الطول فالطويلة منها اصواتها سافلة والقصيرة عالية ولا يحتاج من يلعب عليها ان يطولها ويقصرها بيده.

ثانيهما. ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر الجذر المالي من الشدّ

اي انه اذا شد دنا وترا اربعة اضعاف شدة الاول تضاعف عدد اهتزازاته او شددناه ٩ اضعاف زادت اهتزازاته ثلاثة امثال ما كانت لان الجذر المالي من ٤ اثنان ومن ٩ ثلاثة وقس عليه. ودليل ذلك انا اذا ضربنا الوترين اب وس د وكان الثقلان ف متساويين صار لنا صوتا واحدًا واما اذا جعلنا الثقل الواحد اربعة امثال الآخر حتى يكون شدّة وتره اربعة امثال شد الآخر لوتره فيصير صوت الوتر المشدود بالثقل الكبير جوابا لصوت الآخر اعني ان عدد اهتزازاته يتضاعف. وبهذا يجعل لذوات الاوتار مفاتيح يزاد بها شدّها او يقلل حسب الاختيار.

ثالثها. ان عدد الاهتزازات في الثانية ينقص بقدر ما يزيد الجذر المالي من ثقل الوتر.

اي ان الوترين اب وس د اذا كانا من مادّة واحدة وشدّا شدًّا واحدًا ولكن كان ثقل الواحد اربعة امثال ثقل الآخر فلا يبلغ عدد اهتزازاته الّا نصف عدد اهتزازات الآخر ويكون صوته اغلظ من صوته. ولذلك تحدث الاصوات السافلة على الكمنجة من اهتزاز الاوتار الغليظة والعالية من اهتزاز الدقيقة.

(٢٢٣) **ذوات الاوتار. منها البيانو. وهو آلة ثابتة الاصوات اي ان لها اصواتا معينة لصوتها اوتار نحاسية خاصة بها وهذه الاوتار تهتز بمطرقة تحركها عدة مخال منحنية متصلة بمفاتيح البيانو. ويزداد صوت البيانو قوة بتموج الهواء على اللوح المشدود عليه الاوتار. والسبب في ان الصوت يخرج عند قرع الانامل لمفاتيحه وينقطع عند رفعها عنها هو ان فيه هنات تضغط وتارة فاذا قرع مفتاح من مفاتيحه ارتفعت الهنة الضاغطة عن الوتر فيهتز ويصوّت. وعند رفع الاصبع عن المفتاح تسقط الهنة على الوتر وتبطل اهتزازه فيسكت. ولذلك يقال لهذه الهنات المسكتات ويمكن ان ترفع مسكتاته كلها دفعة واحدة عن الاوتار بضغط الرجل المفتاح**

فى اسفلها فتسمع اهتزازاته كلها مدّة من الزمان ٠

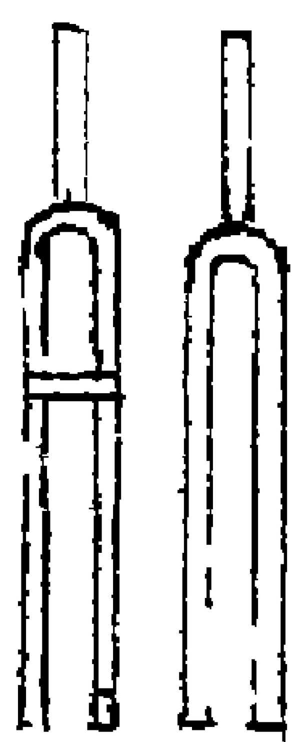
والعود. وهو مثلث الشكل. واوتاره تطابق النغمات الطبيعية فى السلم الموسيقى التى سيجئ ذكرها ويمكن تقصيرها وتطويلها لرفع الصوت وخفضه ولذلك يحسب متوسطا بين الثابتة الاصوات والمغيرتها وله صندوق تحت اوتاره لتقوية صوته ٠

والكمنجة وهى ذات اربعة اوتار ومن الالات المغيرة الاصوات اى التى يمكن تطويل اوتارها وتقصيرها للحصول على اصوات متفاوتة فى العلو والانخفاض ويُضرب عليها بقضيب يسمى القوس ٠

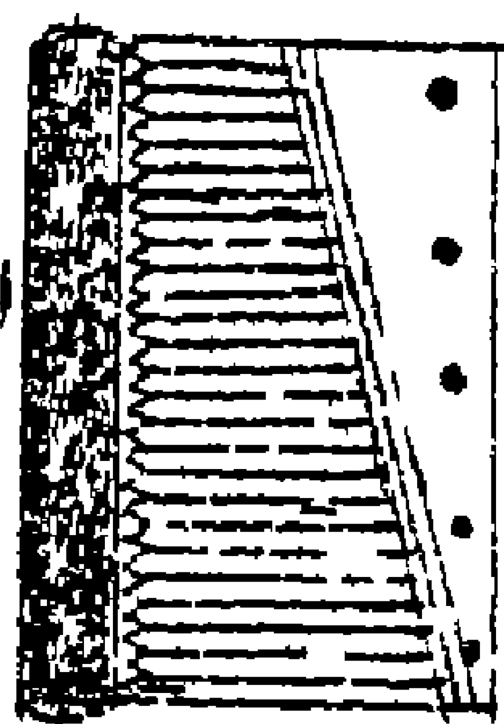
والقيثار وهو يختلف عن الكمنجة بكونه اكبر منها حجما وله ستة اوتار يضرب عليها بالاصابع ويجرى على حكم الكمنجة وبكل منها صندوق تنتقل اهتزازات الاوتار الى سطحه العلوى على الجحش ومن السطح العلوى الى السفلى على الجوانب وعلى عود ليصل بينهما فيهتزّ الهواء فى الصندوق ويقوّى صوت الاوتار هذا والضرب على الكمنجة بانواعها عسر اتقانه جدا ولكنه يسرّ العقول اذا كان بايادى البارعين ٠

(٢٢٣) القضبان المعدنيّة ٭ ان النواميس الثلاثة التى تجرى عليها ذوات الاوتار تجرى عليها القضبان المعدنية ايضا. غير ان ناموس الشدّة لا يعتبر فيها ما لم تختلف مادّة معادنها. واما اذا كانت كلها من معدن واحد فمرونتها واحدة ولذلك لا يختلف صوتها الا باختلاف طولها وثخنها ٠

منها مقياس القرار المارّ ذكره وهو آلة من الفولاذ ذات شعبتين (الشكل ١٢٨) يجعل طولها بحسب ما يلزم لتصوت صوتا معينا اذا ضربت على شئ صلب او شد طرفا شعبتيها بالاصابع حتى يقتربا ثم أُفلتا وقربت من الاذن. وانما سميت مقياس القرار لان الموسيقى يجد بها صوت القرار المعيّن فينتقل منه الى بقية اصوات السلم. وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدنى يربط شعبتيه الواحدة بالاخرى ويحرك عليهما ليجعلهما قصيرتين او طويلتين فيحصل منها قرارات مختلفة بحسب الطول والقصر ٠

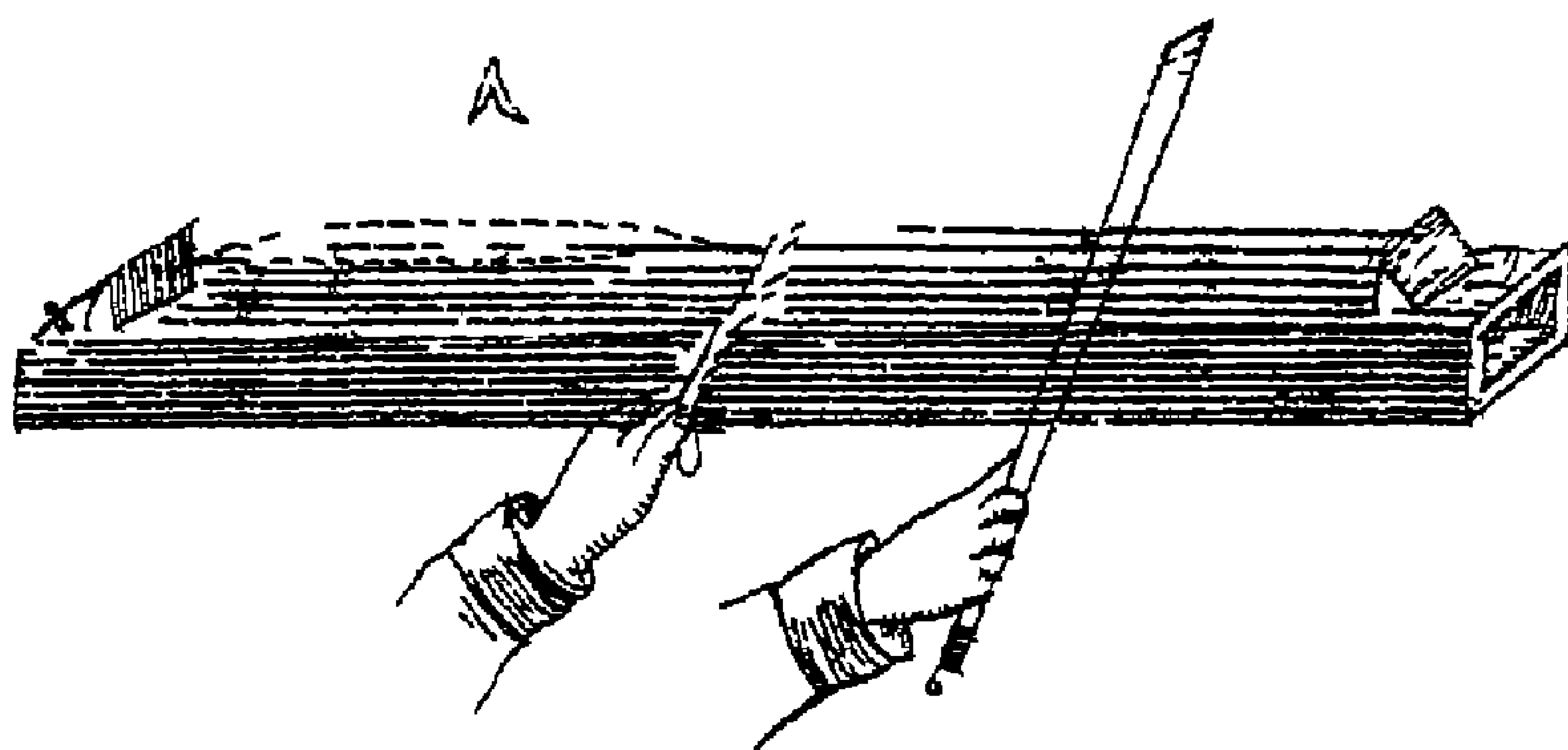

الشكل ١٢٨

ومنها الآلة التي تغني من نفسها وهي كما في الشكل ١٢٩ صفيحة من الفولاذ او معدن آخر ذات اسنان مصفوفة كاسنان المشط ولكنها متفاوتة طولاً فكل سن اقصر من التي تليها من اعلى الشكل فنازلاً. والغرض من اختلاف طولها هو اختلاف درجة القرار في كل منها عما هو في الاخرى فيعلو صوت السن القصيرة وينخفض صوت الطويلة (عد ٢١) ليحصل التطريب بذلك. ثم ان الاسنان لا تحدث صوتاً ما لم تقرع بشيء. والقارع هنا اسطوانة من النحاس او غيرها يديرها زنبرك ودواليب كما تدار الساعة وترتب على سطحها نتوات لقرع الاسنان في نغمات اللحن الذي تطربه.



الشكل ١٢٩

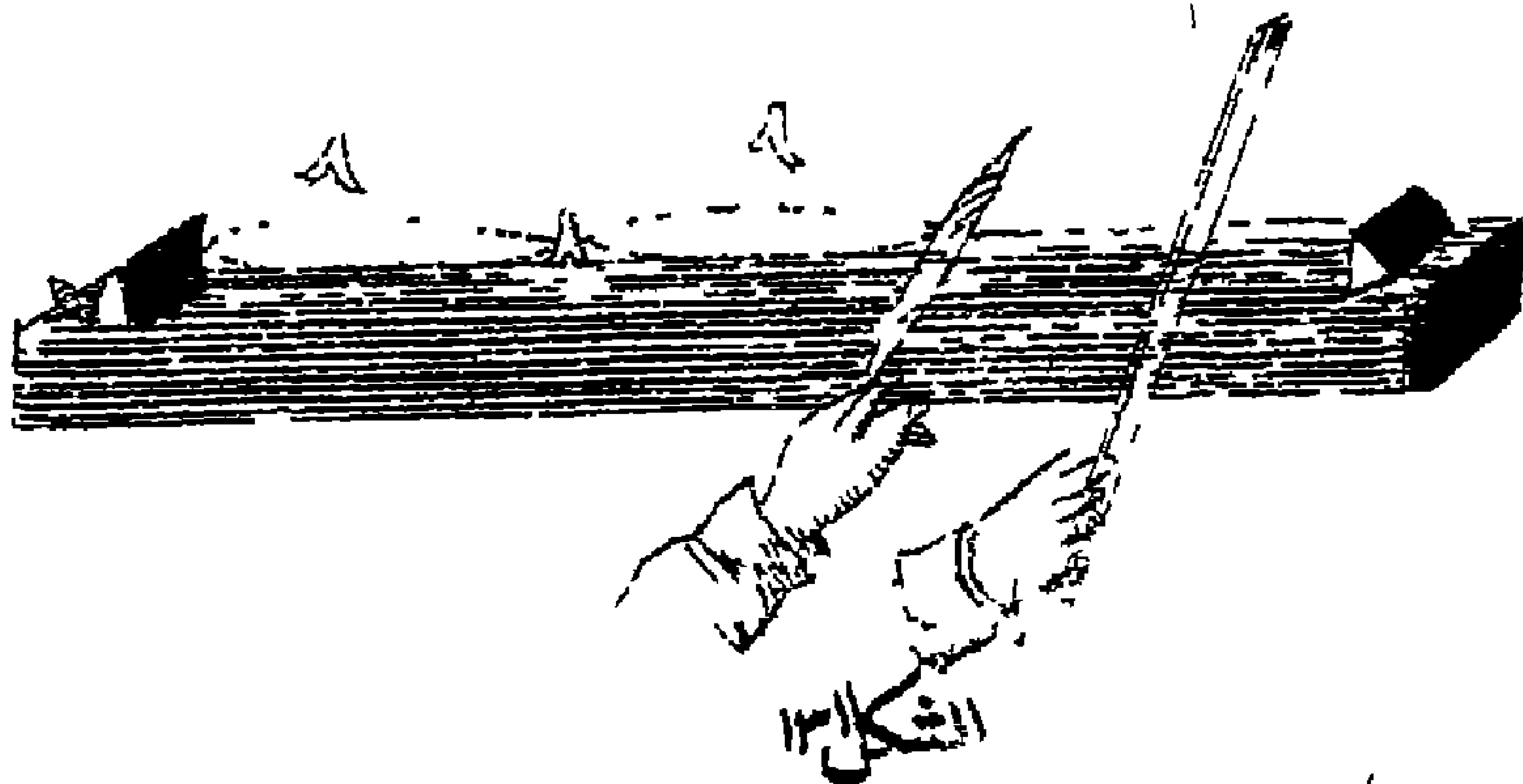
(٢٢٣) عقد الاهتزاز اذا وضعنا ريشة على منتصف وتر الشكل ١٣٠ ولم نضع حجشاً تحته ثم جررنا القوس على نصف من نصفيه تحرك كله ولكنا



الشكل ١٣٠

نسمع له صوتين الواحد جواب وهو صوت النصف الذي لم تجر القوس عليه والآخر قرار وهو صوت النصفين معاً اي الوتر كله. وهذا دليل على ان النصف الذي لم تجر القوس عليه يهتز مستقلاً بنفسه ثم اذا رفعنا الريشة وجررنا القوس في هذا النصف يهتز لذاته مستقلاً عن النصف الآخر. والدليل على انه يهتز ولو لم تجر القوس عليه هو انا اذا وضعنا راكباً من الورق على منتصفه وجررنا القوس على النصف الآخر فالراكب يثبت ويقع على الوتر كما ترى في الشكل ١٣٠ واذا نقلنا الريشة ووضعناها على نقطة ثلثي الوتر وجررنا القوس على الثلث الآخر فالثلثان ينقسمان قسمين

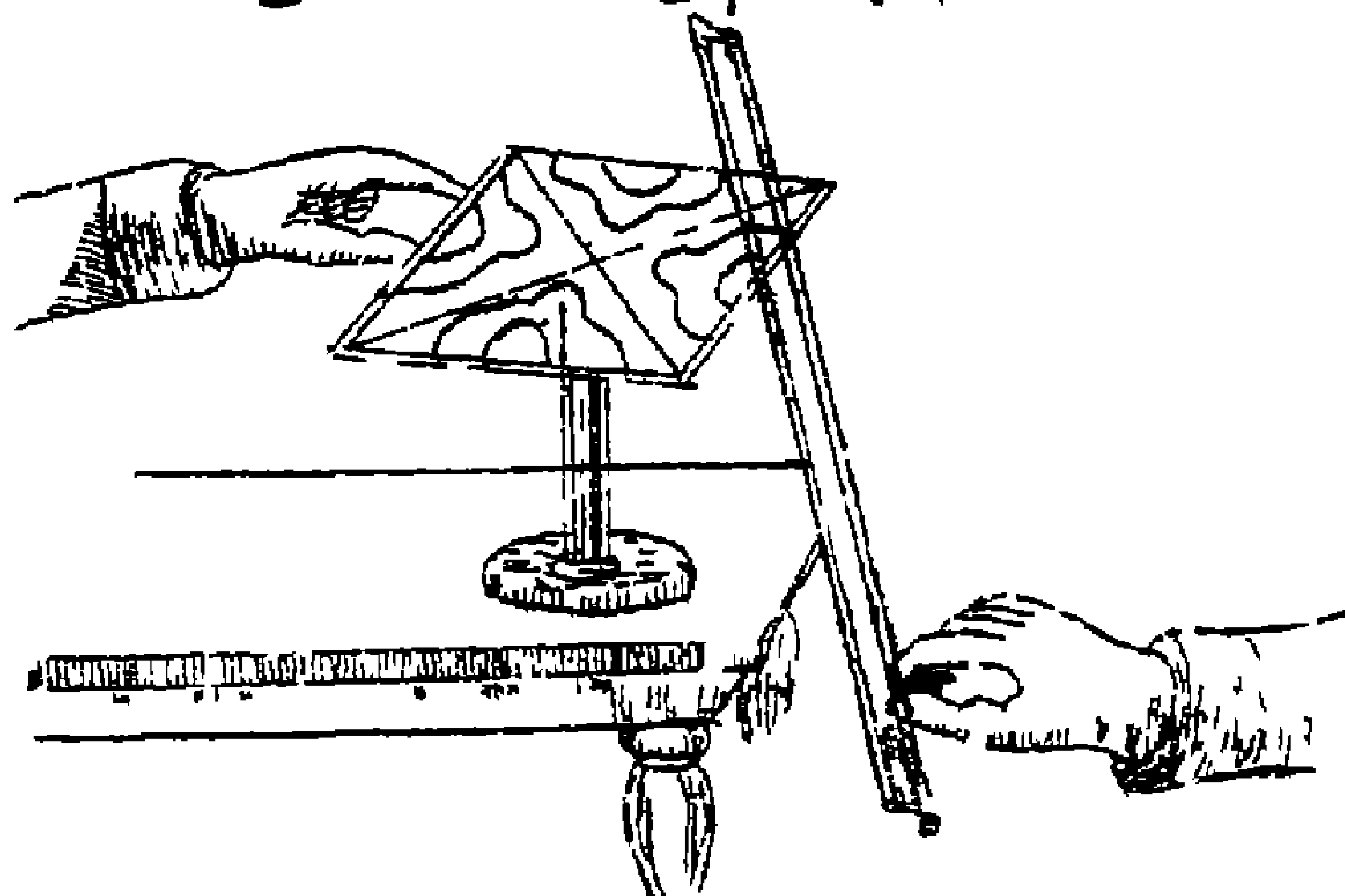
كلٌّ يهتز وحده (راالشكل ١٣١) وكذلك بعد رفع الريشة. فهذه النقط التي لا تهتز بل ينفصل بها الوتر اقساما يهتز كلٌّ منها بنفسه مستقلاً عن الآخر هي عقد الاهتزاز وتعرف الاقسام بالقطع.



الشكل ١٣١

وعلى هذا المنوال يمكنك تقسيم الوتر بعقد الاهتزاز الى القطع التي تريدها وتعرف العقد من القطع بوضع الركاب على الوتر فالركاب الذي لا يقع يكون على عقدة من عقد الاهتزاز واما الذي يهتز ويقع فيكون على قطعة من القطع كما ترى في الشكل ١٣٢.

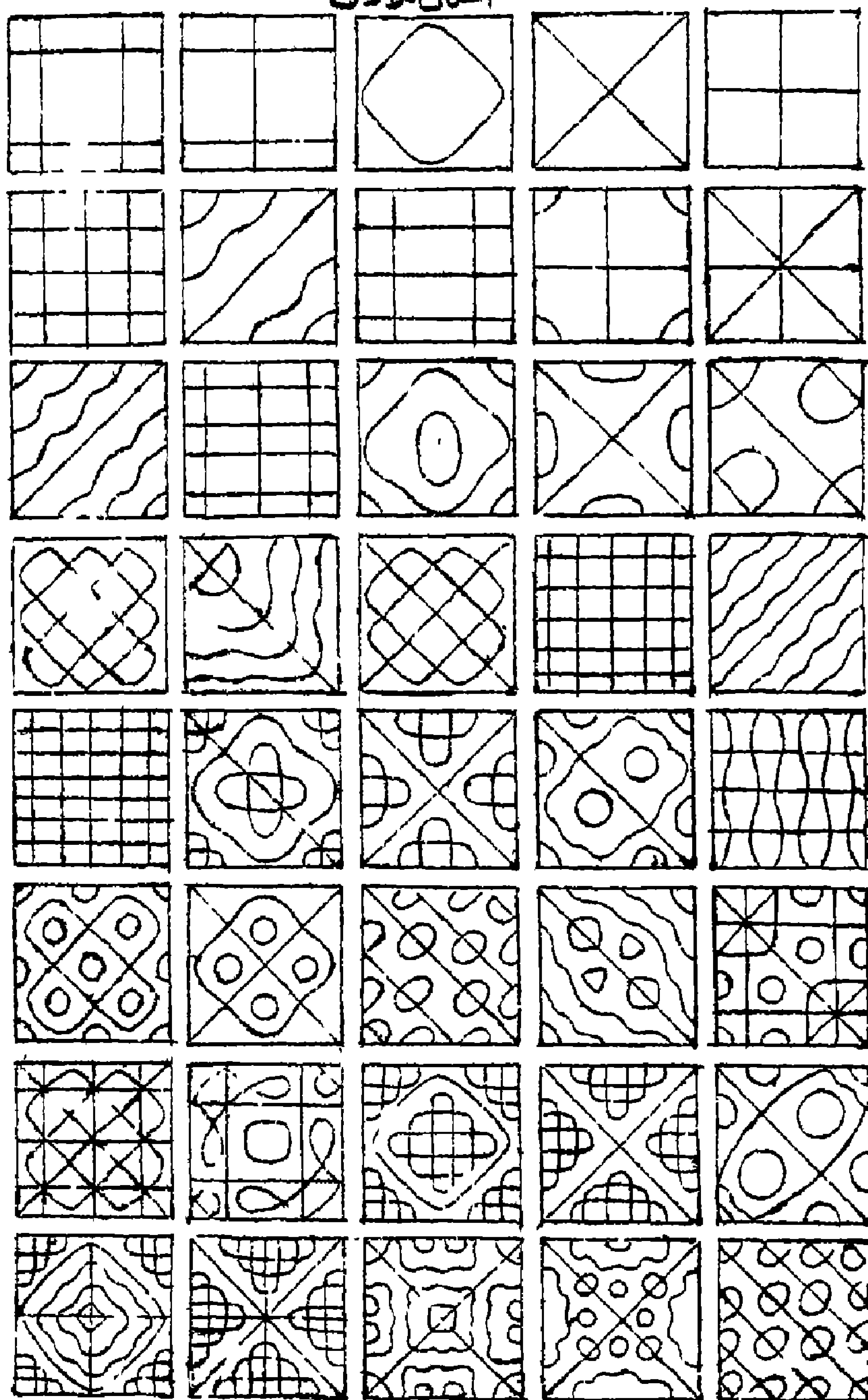
(٢٢٥) اشكال كلادني ✽ رش قليلاً من الرمل الناعم على لوح من الزجاج او صفيحة من المعدن. وضع ظفرك على حرفه لتبطل الاهتزاز مكان وضعه كما تبطله الريشة بوضعها على الوتر وحز القوس على الحرف المقابل كما في الشكل ١٣٢ فينتثر الرمل انتثاراً على وجه اللوح ويتطاير بسبب اهتزاز دقائق اللوح تحته حتى يتجمع في خطوط منتظمة انتظاماً حسناً كما ترى في الشكل. وانما يتجمع في هذه الخطوط لانها لا تهتز اذ هي مؤلفة



الشكل ١٣٢

من عقد الاهتزاز المارّ ذكرها. ولذلك تسمّى الخطوط العقدية وهذه الخطوط تزيد عددًا بزيادة اهتزاز الصفيحة اي بارتفاع النغمة الحاصلة من جرّ القوس عليها وتختلف شكلًا باختلاف وضع الابهام والسبابة عليها فتختلف بذلك الاشكال الحاصلة من تجمّع الرمل عليها. وهاك بعض الصور التي وجدها كلادني مكتشف هذه الاشكال (الشكل ١٣٣)

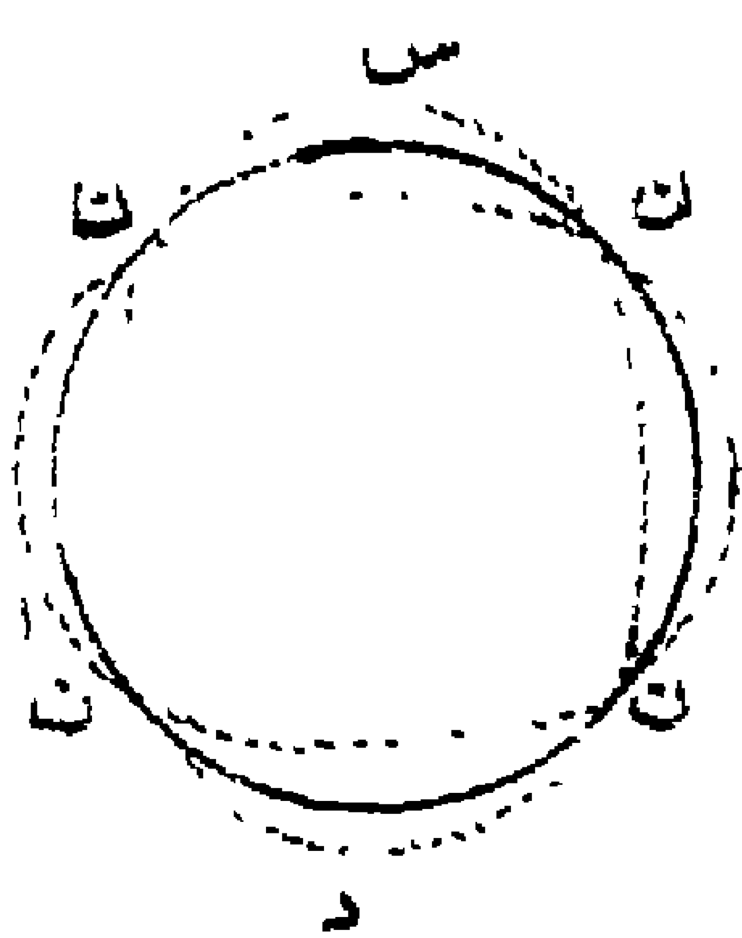
اشكال كلادني



الشكل ١٣٣

(۲۲۶) الاصوات الملابسة * قلنا ان الصوت يختلف فى الكيفية باختلاف الآلات الصائتة ولو كانت النغمة واحدة. وسببه ان صوت الآلة يكون فى النادر مجردا والغالب انه يختلط باصوات اخر اضعف منه فتغير نغمته فى الكيفية وهذه الاصوات الضعيفة هى الاصوات الملابسة اى المخالطة للصوت الاصلى.

اذا شددنا وترا بطرفيه حتى يهتز على طوله ينقسم من نفسه الى قطع تهتز مستقلا بعضها عن بعض فيحصل من ذلك صوت الوتر الاصلى وتحصل الاصوات الملابسة له ايضا من اهتزاز القطع فتغيره فى الكيفية. وتختلف الاصوات الملابسة باختلاف الآلات ولذلك تختلف النغمة الواحدة باختلاف الآلات حتى ان من يسمع لحنا واحدا يُعزف بالكمنجة والفلوت والبيانو يعلم ان الآلة الواحدة هى غير الاخرى ولو لم يرها. وذلك لسبب تغير الصوت فيها بالاصوات الملابسة.



الشكل ۱۳۲

(۲۲۷) عقد الاهتزاز فى الجرس * لتكن الدائرة التخنية فى الشكل ۱۳۲ محيط الجرس وهو ساكن ثم لنفرض ان المدقة قرعته عند ا و ب او د او س فيهتز المحيط حتى يتحول من الشكل الدائرى الى الشكل الاهليلجى المنقطاب ثم الى الاهليلجى الآخر المنقطس.

ومتى رنت رنته الاصلية يهتز مقسوما الى ربع قطع بين النقط ن ن ن ن التى هى عقد الاهتزاز ومنها تبتدئ الخطوط العقدية وتصعد الى القمة حتى تلتقى عند يده وهو مستعد للانقسام الى اكثر من القطع الاربع ولا سيما اذا كان رقيقا جدا فيحدث من اهتزاز تلك القطع اصوات ملابسة تعقب صوته الاصلى وتسمع واضحة على الغالب ولو كان الجرس بعيدا.

(۲۲۸) اهتزاز المشاركة * اذا وقفت بجانب البيانو وصدحت صوتا موسيقيا وجدت ان شريطة من شرائط البيانو تهتز موافقة لصوتك واذا غيرت نغمة الصوت تسكن الشريطة الاولى وتهتز شريطة اخرى موافقة للنغمة الثانية

واذا وضع مائة مقياس من مقياس القرار ورنّت تجاه انبوبة من انابيب الارغون بانغام متناسبة تشارك الانبوبة المقياس الموافق لها من بينها كلها ولذلك اذا وضعت ساعتان على رفّ واحد أثّرت الواحدة في الاخرى. وهذا هو السبب في كون الساعات تضبط عند الساعاتي احسن مما تضبط عند اصحابها لانها لكثرتها يؤثر اهتزاز الواحدة منها بالاخرى فتهتزّ معًا بالمشاركة

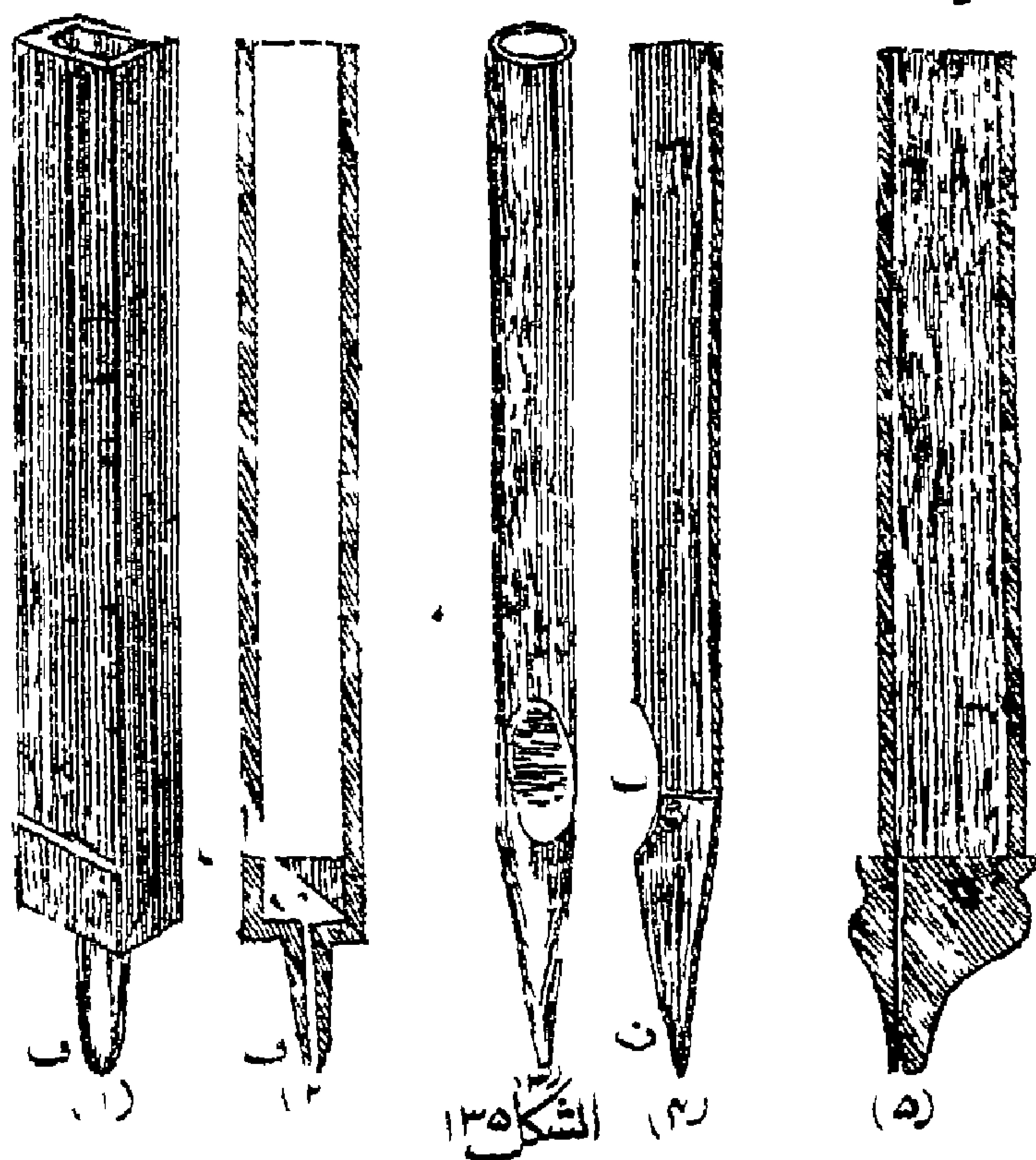
الفصل الخامس

في آلات النفخ والسلم الموسيقي

(٢٢٩) حدوث الصوت في الآت النفخ * آلات النفخ كالمزمار والفلوت ونحوها يحدث الصوت الموسيقي فيها باهتزاز عمود الهواء الذي داخلها وتموّجه فيكون الهواء هو الجسم الصائت فيها بخلاف ذوات الاوتار التي لا يكون الهواء فيها الا موصلاً للصوت كما رأيت. فمتى نفخ عليه من ثقب فيها ماجت امواج الصوت الى الامام والخلف داخل آلة النفخ وهزّت الهواء حولها كما يهزّه الوتر المضروب في ذوات الاوتار. فتكون منزلة عمود الهواء في الآت النفخ منزلة الوتر في ذوات الاوتار ومنزلة النفخ عليه منزلة الضرب على الوتر. ثم لا يخفى ان الصوت لا يحدث ما لم يتموّج الهواء تكاثفاً فتلطفاً فاذا نفخنا على عمود من الهواء في انبوبة تحرك حركة متصلة ولم يصوت ولذلك لابد له من واسطة تقطع النفس بحيث يحدث التكاثف والتلطف المطلوبان. فانقسمت آلات النفخ بهذا الاعتبار الى قسمين ذوات اللسان كالقرنيطة والمزمار من شبابة توصا فورة وقصبة مشقوقة الزمور ونحوها مما يهتز الهواء فيه بصفيحة رقيقة تعرف باللسان وهذا القسم معروف. وذوات الفم وسيأتي الكلام عليها

(٢٣٠) ذوات الفم * هذا لا يتضح تفصيلها من الشكل ١٣٥. ترى في (١) صورة الانبوبة من انابيب الارغن يدخل اليها الهواء من خارجها من منفاخ اسفلها لم يرسم

هنا وفى (٢) صورة مقطوع هذه الانبوبة طولا ليظهر داخلها. فمتى اكره الهواء على دخولها من
ن يطلب الخروج من الشق ى ويسمى الفم فيضرب الصفيحة الرقيقة او تسمى الشفة العليا وينضغط
والضغط باقى الهواء فيوقفه لحظة حتى يكون بعض الهواء قد خرج من اب فحينئذ يصعد الهواء



الشكل ١٣٥

من ى ويجرى كما كان. وبذلك تحدث الاهتزازات وتهتز عمود الهواء الذى فى الانبوبة فيصوت
صوتا موسيقيا. وفى (٣) صورة شكل آخر من انابيب الارغن و(٤) مقطوع طولا و(٥)
مقطوع نوع من المنجارة مبدأها مبدأ انبوبة الارغن كما ترى. ومنها ما يكون الفم فيه ثقبا
على جانبه كما فى الفلوت الجرمانى فيحدث النافخ الصوت فيه بجعل فيه واسطة لتكثيف الهواء
فيه وتلطيفه.

(٢٣١) السلم الموسيقى * اننا لدى سمعنا الاصوات لا نقدر على
تمييز عاليها من سافلها فقط بل نقدر ايضا على ادراك النسبة التى بين عدد
اهتزازاتها. ليس اننا نعرف عدد الاهتزازات فى الاصوات من مجرد سمعنا لها
حتى نقول مثلا ان عدد اهتزازات هذا الصوت مضاعف عدد اهتزازات
ذاك او ما اشبه. بل ان كل الاصوات التى توجد نسبة بين عدد اهتزازاتها

تؤثر فينا اللذة والاستحسان اذا توالت على سمعنا حتى نحكم بالطبع انها مطابقة لمقتضى الذوق السليم. فهذه الاصوات هي تألف السلم الموسيقي من توالیها وتقسم بالنظر الى علوها الى مراتب او دواوين ويقسم الديوان الى سبعة اقسام تسمى ابراجاً وتسمى عند الموسيقيين بالالفاظ دو ري مي فا سول لا سي او بالاحرف ج د ه و ز ا ب في السلم الطبيعي. وكل ديوان قرار لما فوقه وجواب لما تحته.

ويدل على احرف القرار برقم الواحد عن يسارها هكذا ج١ د١ الخ. وعلى احرف الجواب برقم الاثنين عن يسارها هكذا ج٢ د٢ الخ. وكلما علا الديوان زيدت قيمة الرقم المكتوب عن يسار احرفه فبرج ج من الديوان الخامس فوق القرار يكتب هكذا ج٥ وهلم جرا. ويدل على احرف ما تحت القرار بالارقام نفسها وقدامها علامة السلب فالرقم في ج-٢ يدل على ان البرج ج في الديوان الثاني تحت ديوان القرار الاصلي.

(٢٣٢) عدد اهتزازات الابراج. اذا اهتز وتر على طوله فصوته هو القرار لما يقابله في السلم الاعلى وذلك جواب له فاذا فرضنا طوله واحداً فطول بقية الابراج كما يأتي.

ج	د	ه	و	ز	ا	ب	ج
١	$\frac{٨}{٩}$	$\frac{٤}{٥}$	$\frac{٣}{٤}$	$\frac{٢}{٣}$	$\frac{٣}{٥}$	$\frac{٨}{١٥}$	$\frac{١}{٢}$

فيكون طول ج٢ الجواب نصف طول ج القرار وطول ما فوقها بالنسبة اليها كطول ما تحتها بالنسبة الى ج القرار ولما كان عدد الاهتزازات يتغير بالقلب كطول الوتر (عد ٢٢١) فاذا قلبنا الكسور المتقدمة كان لنا عدد اهتزازات كل وتر بالنسبة الى الوتر الاول لانه اذا فرضنا عدد الاهتزازات في البرج ج واحداً نعرف عدد الاهتزازات في البرج د وكم هي بالنسبة الى ج بهذه النسبة المقلوبة وهي.

١ : $\frac{٩}{٨}$ :: عدد اهتزازات د : ا اي عدد اهتزازات د = ا ب $\frac{٩}{٨}$ = $\frac{٩}{٨}$

وهكذا في سائر الابراج. فتكون نسبة اهتزازات ج وما يليها الى جَ كهذه الاعداد منسوقة على نسقها وهي ١ ٩/٨ ٥/٤ ٤/٣ ٣/٢ ٥/٣ ١٥/٨ ٢ اذ يحسب عدد اهتزازات ج واحدًا ١. وبتحويل هذه الكسور الى صور جديدة ذات مخرج مشترك تجعل الاهتزازات عددًا صحيحًا وهي ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨ فيكون الفرق بين الاول والثاني والثالث والسابع والثامن ٣ وبين الثالث والرابع ٢ وبين الخامس والسادس ٤ وبين السادس والسابع ٥ هذا عدد اهتزازات الابراج بنسبة بعضها الى بعض واما عدد اهتزازات كل منها وحده فلبرج القرار ج ١٢٨ اهتزازة كما يعرف من السيرن عادة ٢١٣ فيكون عدد اهتزازات كل برج

ج د ه و ز ا ب جَ وهلم جرًّا بالضرب

١٢٨ ١٤٤ ١٦٠ ١٧٠ ١٩٢ ٢١٣ ٢٤٠ ٢٥٦

عدد اهتزازات كل برج في ٢ للحصول على عدد اهتزازات البرج الموافق له في الديوان الثاني او في ٣ للحصول على ابراج الديوان الثالث فوق ديوان القرار الاصلي الخ. وبالقسمة على هذه الارقام يخرج لنا عدد الاهتزازات لابراج الدواوين التي تحت ديوان القرار الاصلي.

(٢٣٣). توافق الاصوات وتعاندها. قلنا ان اصوات السلم الموسيقي اذا توالت على السمع استحسنها ولكن ذلك لا يلزم منه انه اذا وقع اثنان او ثلاثة منها معًا على السمع يستحسنها دائمًا فان اجتماع بعض الاصوات معًا مكروه لما بينها من التعاند واجتماع غيرها محبوب لما بينها من التوافق واتم التوافق بين نغمتين من برج واحد وديوان واحد مثل د و د واللتين عدد اهتزازاتهما متساوٍ وخر بين نغمتين من برج واحد ولكن من ديوانين مثل د و القرار و د و الجواب اللتين عدد اهتزازات عليا هما ضعف

اسماء الابراج لديوانين عند العرب هي يكاه عشيران عراق رست دوكاه سيكاه جهاركاه نوى حسيني اوج ماهور محير ذلك ماهوران رمل توتي. فلنوى جواب اليكاه والرمل توتي جواب النوى والحسيني جواب العشيران هلم جرا. وليست النسبة بينها نفس النسبة بين ابراج السلم الافرنجي المذكور سابقا والمرجح ان السلم الافرنجي هو الاسهل مراسا لكونه يجري على الاصوات الطبيعية ويمكن

عدد اهتزازات الاخرى. ثم بين نغمتين من برجين تكون نسبة عدد اهتزازات الواحدة الى عدد اهتزازات الاخرى كنسبة ٣:٢ مثل سول ودو. ثم بين نغمتين نسبة اهتزازاتهما كنسبة ٤:٣ وآخر الكل بين نغمتين نسبتهما كنسبة ٥:٤ واتمّ التوافق بين ثلاث نغمات من ابراج مختلفة في التي نسبة اعداد اهتزازاتها بعضها الى بعض كنسبة ٤:٥:٦ مثل ج ده وز. والخلاصة انه كلما زاد عدد الاهتزازات التي تتفق النغمات في نهايتها زاد التعاند وكلما قلّ عددها زاد التوافق. ويعرف توافق النغمات في الغناء او اللعب بالآلات بالطبع وعليه تتوقف لذّة الالحان

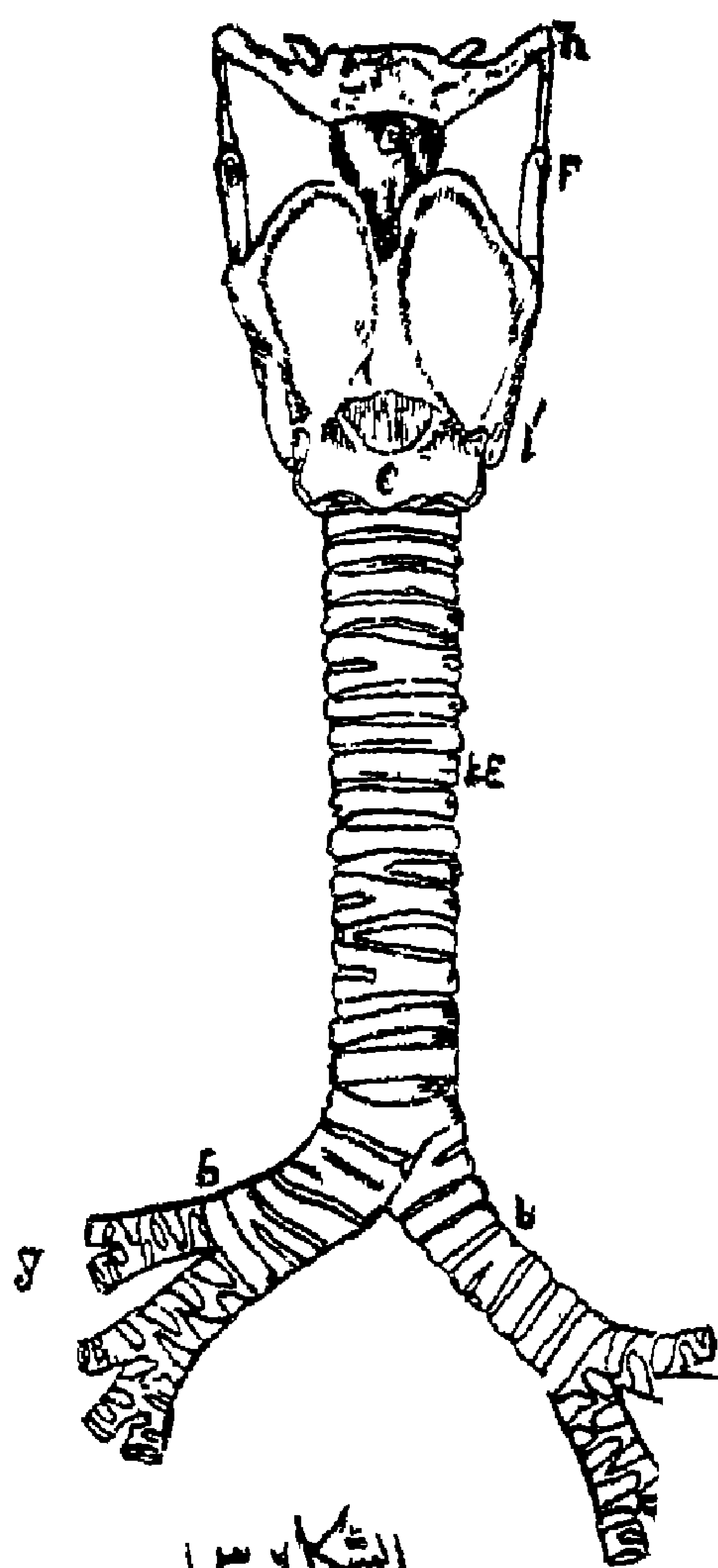


(بقية حاشية صفحه ١٩٢) ان تنضبط عليه جميع اغاني الشعوب. انتهى باختصار من العروس البديعة.

الفصل السادس

في آلات الصوت والسمع

(٢٣٤) آلات الصوت في الانسان * كل يتنفس الهواء من الحيوانات

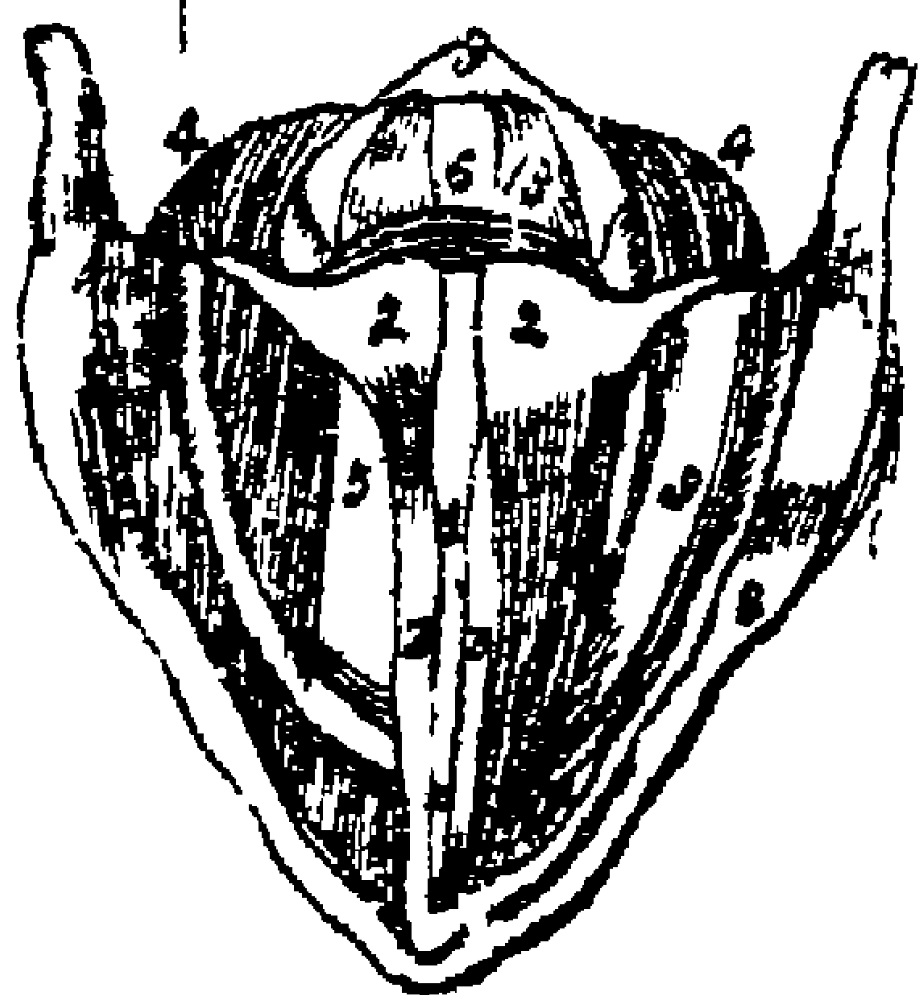


الشكل ١٣٢

لقليل منها لنا آلات يصوت بها مودعة في قسم من جهاز التنفس
ته وتكيفه اما وقت احداثه او بعد احداثه ومن جملتهـا
يت شتى يحصل التكلم من بعضها و آلات الصوت في الانسان

تجويف الصدر والقصبة والحنجرة والحلق او البلعوم والفم والانف وما يتعلق بها وهى مثل الآلات النفخ ولكنها تشارك ذوات الاوتار ايضاً فتجويف الصدر يضيق ويتسع بالتنفس فيضغط الرئة تارة ويتركها تتمدد اخرى فيخرج الهواء منها متى ضغطت ويدخل اليها متى تمددت فيكون هو والرئة بمنزلة المنفاخ فى الارغن (عد ٢٢٠) . وعند خروج الهواء من الرئة يندفع الى القصبة ومنها يضرب وترى الصوت فى الحنجرة فيصوتان . فتكون القصبة بمنزلة طرف انبوبة الارغن ووترا الحنجرة بمنزلة فمها . والبلعوم والفم والمنخران تغير الصوت وتكيفه تارة باتساعها واخرى بتضيقها او نحو ذلك فتكون بمنزلة راس الانبوبة الذى تتصل منه اهتزازات عمود الهواء بالهواء الخارجى .

(٢٣٥) الحنجرة . هى اخص اعضاء الصوت . واشهر اجزائها اربعة غضاريف تسمى الدرقى والحلقى والطرجهاليين وترتبط وتتحرك بعضها على بعض برباطات وعضلات . وينقسم التجويف الذى بينها الى طبقتين الواحدة فوق الاخرى بواسطة غشائين ممتدين من كل من الجانبين ولا يتصلان فى الوسط بل يبقى بينهما شق ضيق . ويتألف جانباها اللذان يليان هذا الشق من نسيج مرن ويسميان الوترين الصوتيين الصحيحين (تمييزاً لهما عن الكاذبين وهما وتران فوقهما لا يصوتان) ويمتد الشق بينهما من مقدم تجويف الحنجرة الى مؤخره ويسمى فتحة المزمار . ترى صورة القصبة والحنجرة من المقدم فى الشكل ١٣٦ وصورة باطن الحنجرة من الاعلى فى الشكل ١٣٧ .



الشكل ١٣٧

(٢٣٦) حدوث الصوت الانسانى . يحدث صوت الانسان من اهتزاز الوترين الصحيحين فى الحنجرة عند ما يضرب عليهما الهواء مدفوعاً من الرئة . وهذان الوتران قابلان الشد والرخى كالاوتار فى ذوات الاوتار . فاذا كان الانسان صامتاً كانا مرتخيين ومتثنيين وفتحة المزمار بينهما واسعة

الشكل ١٣٦ . ... القصبة متصلة بشعبتى الرئة ... متصف غضروف الحلق ... قرنا الغضروف الدرقى .

الشكل ١٣٧ ... فتحة المزمار ... الوتران الصوتيان .

فلا يصوتان بوقوع الهواء عليهما. واذا اراد ان يصوت شدّهما بقدر ما يريد ان يرفع الصوت (عد ٢٣١) فتضيق فتحة المزمار بينهما.

(٢٣٧) مجال الصوت الانساني. علو صوت الانسان قلما يختلف في التكلم فلا يتجاوز حدّاه نصف ديوان وقلّما يعلو صوت الشخص الواحد ثلاثة دواوين متوالية الّا ان صوت النساء اعلى من صوت الرجال بديوان فيكون مجال الصوت الانساني اربعة دواوين وفي الغناء يغني الرجال ديوانين منها يسميان الباس والتنر والنساء ديوانين يسميان السپرانو والألتو والفرق الجوهري بين الباس والتنر وبين السپرانو والألتو هو في الكيفية (عد ٢١٣) ولذلك نجد فرقًا بين اصوات المغنين ولو غنوا نغمة واحدة على الباس والتنر او السپرانو والألتو ولعل سبب هذا الفرق اختلاف الرباطات والاغشية والغضاريف.

واما سبب علو نغمة الصوت النساء عن نغمة صوت الرجال فهو قصر الوترين الصوتيين فيهن وطولهما في الرجال فنسبة طولهما فيهن الى طولهما فيهم كالاثنين الى الثلاثة. ولما كان طولهما في الصبيان بقدر طولهما في النساء كانت اصوات الصبيان كاصوات النساء حتى يبلغوا الرجولية هذا واعلى اصوات النساء على السپرانو ١٠٥٦ هزة كاملة في الثانية واوطأ اصواتهن ٢٦٤ واعلى اصواتهن على الألتو ٧٠٤ واوطأها ١٧٦ واعلى اصوات الرجال على التنر ٥٢٨ واوطأها ١٣٢ واعلى اصواتهم على الباس ٣٣٠ واوطأها ٨٢٫٥ وكلها في الثانية.

(٢٣٨) مدى الصوت الانساني. مدى الصوت الانساني القوي ٧٠٠ قدم في الفضاء على درجة الهواء الاعتيادية. واما في ليالي الصقيع الباردة فيسمع واضحًا عن بعد عظيم اذا كان الليل هادئًا والهواء خالصًا من البخار والرياح فقد تكلموا في نواحي القطب الشمالي وبينهم ميل وربع (٦٦٠٠ قدم) وقيل ان صوت الحارس سُمع عن بعد عشرة اميال في نواحي جبل طارق.

(٢٣٩) التكلم. يقوم التكلم بلفظ احرف العلة وهي في العربية الواو والالف والياء والحروف الصحيحة وهي ما بقي من حروف الهجاء على وجهٍ مفهومٍ. فاحرف العلة اصوات تخرج من الحنجرة ويتنوّع لفظها بحسب فتح الفم ومد الشفتين او قصرها لابعاد فتحة الفم عن الحنجرة او تقريبها اليها كما في لفظ الواو والياء من قولك جُوريّ والحروف الصحيحة اصوات قد تتنوّع

لفظها ايضاً بحسب شكل الحلق والفم واللسان والشفتين كما في الهاء والزاء والسين والشين والظاء وقد تلفظ بالحلق واللسان والشفتين كالقاف والتاء والباء الخ. ولما كان الصوت يخرج كاملاً في احرف العلة كانت هذه الاحرف اشد صوتاً من الحروف الصحيحة. ولذلك اذا اردنا اسماع كلامنا للثقيل السمع فقد يكفي ان نفصح لفظ الحروف الصحيحة دون ان نرفع اصواتنا فان فصاحة اللفظ هي سلامة حروفه من الخلل لا رفع الصوت فيه (١).

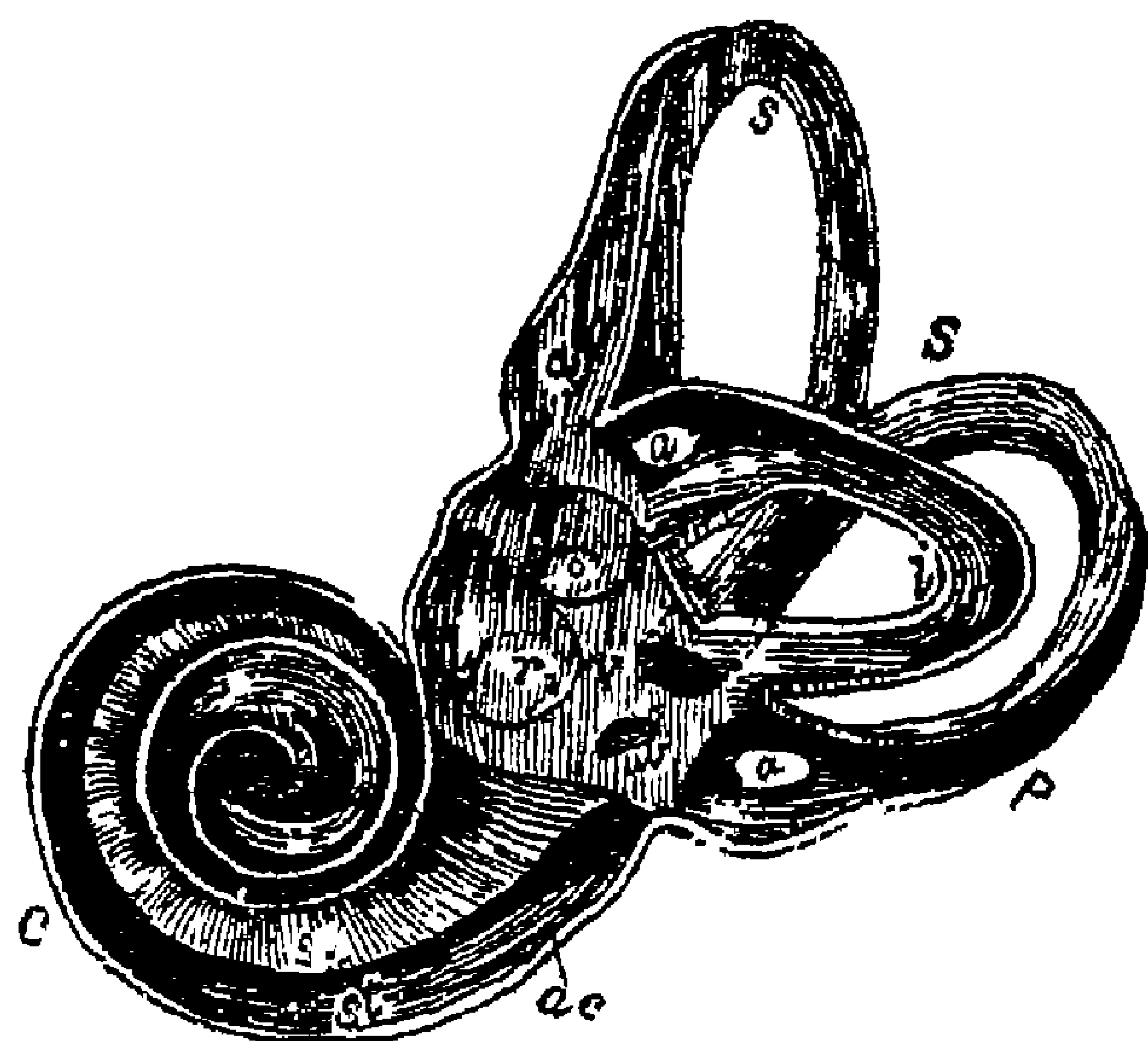
(٢٤٠) الاذن — الاذن عضو السمع وتنقسم في الانسان (٢) الى ثلاثة اقسام الاذن الظاهرة والاذن المتوسطة او الطبلية والاذن الباطنة او التيه. فالاذن الظاهرة مؤلفة من الصيوان الذي يجمع امواج الصوت ومن الصماخ الظاهر وهو خرق الاذن الذي يؤدي تلك الامواج الى الاذن المتوسطة وطوله نحو قيراط. والاذن المتوسطة او الطبلة وهي تجويف بين الاذن الظاهرة والباطنة وتنفصل عن الظاهرة بغشاء يقال له الغشاء الطبلي وفيها ثلاث عظيمات دقيقة تتصل بعضها ببعض وتوصل الاذن الظاهرة بالباطنة وتسمى المطرقة وهو متصل


الشكل ١٣٨

(١) الصوت في الحيوانات العجم. للحيوانات العجم اصوات مختصة بها كاختصاص الصهيل بنوع الفرس والنهيق بنوع الحمار والمواء بالهر وهلم جرّاً. والفرق في اصواتها مسبب عن تركيب حناجرها تركيباً خاصاً بها ولا سيما عن شكل واتساع المنخرين وباقي المسالك التي يمر الهواء فيها. وقد امتاز الهزار من بين ذوات الثدي بكون الوترين الصحيحين والكاذبين متساويين فيه تقريباً ولذلك تجد نغمات كثيرة في مواته شبيهة بنغمات البشر. وللطيور حنجرتان علوية وسفلية موضوعة في اسفل القصبة عند شعبتي الرئة وهذه الثانية هي التي تصوّت فلا يصوت من الطير الا ما كان بها. والحشرات تصوّت بطرق شتى فبعضها يصوت بالقرع وبعضها بصك اعضائه القرنية احدها على الاخر كالجندب وبعضها بتصفيق جناحيه بسرعة كالبعوض. وزعم بعضهم ان اصوات الحشرات تحدث عن مرور الهواء من فوهات المسالك الهوائية فيها فتصوت كالصافورة.

(٢) اما الحيوانات العجم فالمزودة بسطها تعوزها حاسة السمع على ما يظهر. والحشرات لا تعرف آلة السمع الظاهرة انها تسمع بعض السمع والحيوانات الرخوية آلة السمع فيها زق مملوء سائلاً مفروشة فيه الياف العصب السمعي او زق مملوء ماء والعصب السمعي متصل بجسم يجري فيه. ولذلك لا تقدر هذه الحيوانات على الشعور بالنغمات

بالغشاء الطبلي والسنداني والركابي وهو متصل بالاذن الباطنة. وسميت كذلك لمشابهتها المطرقة والسندان والركاب الافرنجي وتمتد قناة اسمها بوق اوستاكيوس من الاذن المتوسطة الى البلعوم فيدخل الهواء في هذه القناة من البلعوم الى الاذن المتوسطة ويشغلها. والاذن الداخلة او التيه هي عضو السمع الخاص وانما سميت بالتيه لكثرة ما فيها من المستحيرات وتتضمن سائلا. ويقسم هذا التيه الى ثلاثة اقسام الدهليز في الوسط. والقنوات الهلالية والقوقعة



الشكل ١٣٩ (١)

الحلزونية الشكل على جانبيه وتستطرقان اليه. ويتضمن هذا التيه العظمي تيها آخر غشائيا يشبهه في اكثر اجزائه ويتضمن سائلا مثله وفي التيه الغشائي خيوط دقيقة مرنة شعرية وكتل متبلورة ترابية وفي القوقعة ثلاثة آلاف جسم صغير تسمى عصي كورتي. ويمتد العصب السمعي من الدماغ الى داخل التيه ويتوزع في باطن القنوات الهلالية والدهليز والقوقعة مارا بين الخيوط الشعرية والكتل الترابية وفي القوقعة ينتهي بعضه الى عصي كورتي. ترى صورة باطن التيه في الشكل ١٣٩ وقد نزع جداره العظمي من الاعلى للناظر.

(بقية صفحة ١٩٧) الموسيقية وانما تميز صوتا غير موسيقي من آخر موسيقي او تميز كيفيتها بعض التمييز والمظنون ان آلة السمع في هذه الحيوانات بمثابة القنوات الهلالية في غيرها. والزحافات والافاعي تبتدئ الاذن فيها بالغشاء الطبلي وتزيد القوقعة فيها على ما في الحيوانات الرخوة. والحيوانات الباقية يزيد تركيب الاذن فيها كمالا واتقانا بقدر علوها في مراتب الخلق حتى يبلغ غاية الكمال والاتقان في الانسان .

(١) الشكل ١٣٩ ss القنوات الهلالية الثلاث

(٢٤١) كيفية حصول السمع: اذا اتجهت امواج الصوت نحو الاذن عكسها الصيوان و جمعها في الصماخ السمعي الظاهر فتدخل منه وتقع على الغشاء الطبلي فيهتز ويهز العظيمات في الاذن المتوسطة. وينتقل الاهتزاز عليها وعلى الهواء المحيط بها الى كوتين احداهما في الدهليز والاخرى في قوقعة التيه. وعلى وجه كل من الكوتين غشاء فيهتز هذا الغشاء وينتقل الاهتزاز عليه الى السائل الذي وراءه ومن السائل الى فريعات العصب السمعي ومنه الى الدماغ فتشعر النفس بالصوت والمظنون ان الاهتزاز لا ينتقل من السائل الى العصب رأسا بل الى الخيوط الشعرية فتهتز وتهيج الفريعات العصبية المتصلة بها ضغطا منقطعا كاهتزازها. والمرجح ان الغرض من هذه الكتل اطالة الاصوات السريعة الزوال التي تنشئ اولاها. واما عصى كورتي فكالاوتار المشدودة شدا متفاوتا بحيث ان كل صوت يقع على اذن الانسان يجد بينها عصا تهتز كاهتزازه وتؤديه الى الدماغ فهي شبه شيء بالعود او نحوه من الآلات الموسيقية هذا ويكون بوق اوستاكيوس مسدودا على الغالب فيقطع الهواء الخارجي عن هواء الاذن المتوسطة. فاذا اتفق ان ضغط هوائها قل عن ضغط الهواء الخارجي تألم من ضغط الهواء الخارجي بها ولا يهتز الغشاء الطبلي الاهتزاز التام فلذلك يثقل السمع وعند الازدراد يفتح بوق اوستاكيوس فيدخل الهواء الى الاذن المتوسطة وترد الموازنة ولهذا ترى جمهرة الطبجية يفتحون افواههم عند اطلاق المدافع.

(٢٤٢) مجال السمع: قال العلامة هلمهلتز اخفض الاصوات الموسيقية ما اهتز ١٦ اهتزازة في الثانية (١) واعلاها ما اهتز ٣٨٠٠٠ اهتزازة فيها. فاذا نقص عددها عما ذكر سمعت طقطقة كل اهتزازة ولم يحدث منها صوت موسيقي فيمتد مجال السمع في الانسان اذا على نحو احد عشر ديوانا ولكن مجال الموسيقي الاعتيادي لا يزيد عن سبعة دواوين. هذا والناس على اختلاف في سمع الاصوات العالية والسافلة فقد يسمع بعضهم ما لا يسمعه الآخر

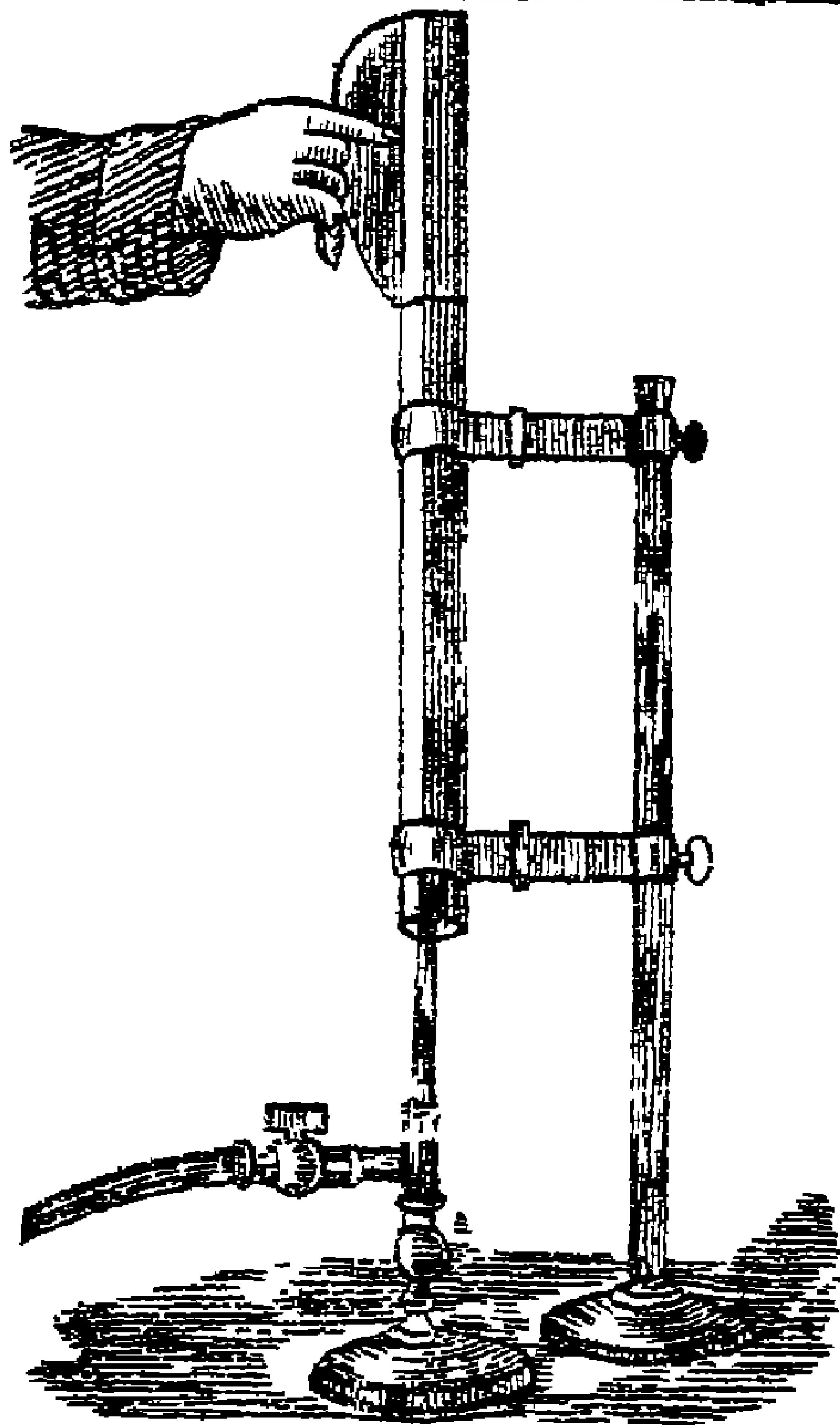
(البقية للصفحة ١٩٨) ا الدهليز ى القوقعة ملفوفة لفتين ونصف لفة ر الكوة المستديرة ه الكوة البيضية.

(١) اذا ادخلت اصبعك في اذنك وقبضت عضلات يدك قبضا شديدا سمعت صوتا عميقا كصوت الجرس الكبير يهتز ٣٢ اهتزازة في الثانية.

قرب اثنين صحيحي السمع يقلق احدهما من صرير الصرصور ولا يسمع له الآخر صوتاً البتة. والظاهر ان الاصوات السريعة الاهتزاز القصيرته تؤثر في عصب السمع اشد مما تؤثر فيه الاصوات البطيئة الاهتزاز الطويلته. ولهذا ينتبه الناس الى خفيف اجنحة الجراد اكثر مما ينتبهون الى هبوب النسيم بين الاغصان ولا يسمعون للرياح العلوية صوتاً مع انها تجري فوقهم جري البحار الهدّارة ولا يسمعون لهوجاء صوتاً حتى تصدم بيتاً او تقتلع شجرة فيسمعون لها حينئذ صوتاً شديداً وما هو الا امواج ثانوية اقصر من امواج الهوجاء قبل صدمها البيت او اقتلاعها الشجرة. الا ان ذلك لا يخلو من الشذوذ فان من الناس من لا يسمع الاصوات العالية البتة وسمعه للاصوات المنخفضة حاد شديد. حكي ان فتاة لم تسمع رنين الجرس وهو يدق شديداً بل سمعت طقطقته عند وضعه في محله.

واعلم ان عدم سمعنا الاصوات ليس بدليل على عدم وجودها فمن المحتمل ان يوجد في الارض اصوات لا نعلم بها البتة. ولو تنبهت فينا حاسة السمع اكثر مما هي عليه فربما كنا نسمع حولنا اصواتاً لا تخطر لنا الآن على بال. وعلى ذلك قال بعض الافاضل لا يبعد ان جنود السماء يصدحون بتسابيحهم حولنا حتى ترقص الارض طرباً من تسابيحهم ونحن صُمّ لها لا نسمع الاصوت صلواتنا الفاترة. ومن العجائب ان الاذن تميز الاصوات فتقبلها وتردّ كلاً منها الى صله ولو وردت اليها من موارد لا تحصى فلو عُزِفت بالقف معزوفة من المعازف فالاذن تميز بعضها من بعض وتودي تأثير كل منها الى النفس فتطرب النفس لكل منها بقدر ما يؤثر فيها من الطرب مع ان اصواتها تهتز الهواء في جهات متخالفة ومتضادّة وتنحصر كلها في مجرى دقيق من الهواء لا يزيد ثخنه عن ثخن صماخ الاذن.

(٢٢٣) استعداد الطبيعة للتطريب. قال العلّامة تندل ان الافلاك تغنّي كالمغني فاذا اطلقت رصاصة في الهواء انطلقت ولها صوت تغريد كصوت الطير. واذا هزّت الريح الاغصان مالت ولها حنين. وقالوا ان ضجيج الناس في المدن وكل ضجة اذا سمعت عن بعد سمعت على برج وصوت السليم فكيفما



الشكل ٤٠

توجهنا في الارض نرى فيها ونسمع ما يلذّ للنظر وللسمع وما ذلك الّا لان الخالق يسرّه بتطريب ما لا يعقل بل ما لا حياة فيه كما سرّ بحسن ما صنعت يداه فتبارك من خلاّق حكيم .

(٢٤٤) اللهب الحاسّة . قد يتأثر اللهيب تأثراً ظاهراً باهتزاز الاصوات فيرقص مهتزاً باهتزازها ففي البلاد التي يضوؤن فيها بالغاز تتراقص الانوار في ليالي الطرب مهتزة كاهتزاز الاصوات التي تحملها . قال بعضهم شاهدت نور زيت يرتجف ويتلوى عند الصفير كأن فيه انفعالات البشر وكان لشدة تأثره يهتز لتكّة الساعة الصغيرة عند تقريبها اليه . وقد استعملوا اهتزاز هذه اللهب لاظهار الفرق بين اصوات احرف العلة وغير ذلك من تجارب الصوت .

(٢٤٥) اللهب المغنية . اذا انزلنا انبوبة من الزجاج على لهيب غاز الهيدروجين كما ترى في الشكل ٤٠ فبعد بلوغها حدّاً يصوت اللهيب مغنياً . ويخال السامع صوته اولاً بعيداً ثم يخاله يقرب منه حتى يصير شديداً يستصعب سمعه وتتوقف نغمة هذا الصوت على حجم اللهيب وطول الانبوبة وسببه اتحاد الهيدروجين باكسجين الهواء بفرقعات متوالية كما يعرف في علم الكيميا .

(٢٦٣) مسائل للتمرين — (١) لماذا لا يقدر الذين يكونون في مؤخرة صف طويل من الجيش على ضبط اوقات الموسيقى اذا كانت في المقدمة. (٢) تأخر الرعد عن البرق ثلاث دقائق فكم بعد الراعدة. (٣) مرّت خمس ثوانٍ بين ضوء المدفع وصوته فكم بعده (٤) كم يقتضي للصوت من الزمان حتى يصل من قرية الى اخرى تبعد عنها عشرة اميال لو وصل بينهما بانبوبة الكلام. (٥) أطلق زيد بندقيته قبالة صخرة فرجع الصدى عنها في اربع ثوانٍ فكم بعدها عنه. (٦) ما هو سبب الاختلاف بين صوت الرجال والنساء وبين الباس والمنتشر. (٧) تكسر نيزك من نيازك ١٣ تشرين الثاني ١٨٦٨ على علو ٦٠ ميلاً ففي كم من الزمان وصل صوته الى الارض. (٨) رمينا حجرًا في بئر ثم سمعنا صوت مصادمته قعرها بعد اربع ثوانٍ فكم عمقها. (٩) في كم من الزمان يسير الصوت خمسة اميال في ماء بحر هادئ. (١٠) كم تزيد شدة صوت المدفع عند من يسمعه على بعد عشرين قصبة على شدته عند من يسمعه على بعد نصف ميل. (١١) اعلى راس الجبل تزيد سرعة الصوت ام على سفحه. (١٢) لماذا يكون الصدى اضعف من الصوت الاصلي. (١٣) لماذا يتعب المتكلم ببوق التكلم. (١٤) كم عدد الاهتزازات التي يهزها البرج الخامس من السلم الطبيعي في الثانية (١٥) ما هو طول امواج الصوت في ذلك البرج اذا كانت درجة الحرارة صفرًا (١٦) كم عدد الاهتزازات في البرج الرابع من السلم الطبيعي. (١٧) اصنع سبابة وعيّن بُعد بعضها عن بعض لديوانين من السلم.

ملحق

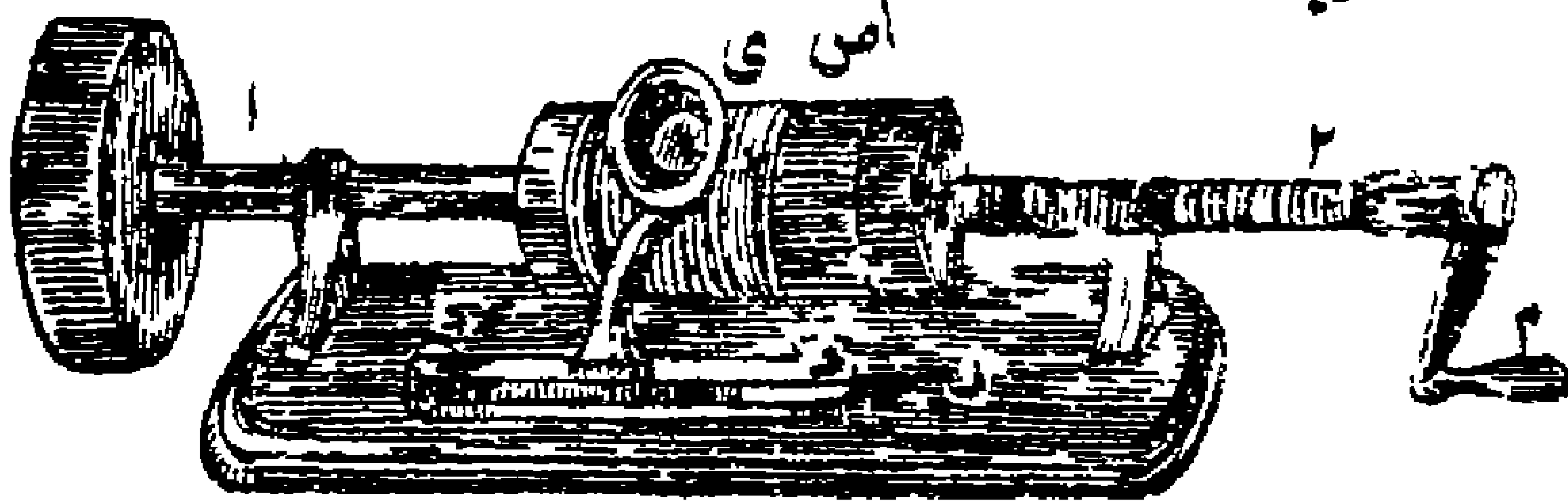
في غرائب الصوت والفونغراف

قال سليمن: سُمع صوت المدافع عن بعد ٢٥٠ ميل بوضع الاذن على الارض. وقيل سُمع صوت المدافع في حرب جنه من مدينة درسدن على بعد ٩٢ ميلاً. وفي

نيوفكس بولاية فرجينيا من الولايات المتحدة مكان يردّ صدى عشرين نغمة تعرف بالفلوت ولكنه يغير علو بعضها عما هو . وقال السرجون هرشل تسمع تكة الساعة الصغيرة في كنيسة الى بانكلترا من طرف الى طرف . وفي أبل أف وبث بئر ملساء من الداخل عمقها ٢١٠ اقدام وعرضها ١٢ قدما فاذا وقعت فيه الابرة سمع صوت مصادمتها للماء . وفي بعض جهات الكولوسيوم بلندن يُسمع صوت تمزيق الورق كطقطقة البرد من تكرير الصدى له واذا تكلم الانسان فيه كلمة رُددت عليه متتالية كانها قهقهة الضاحك .

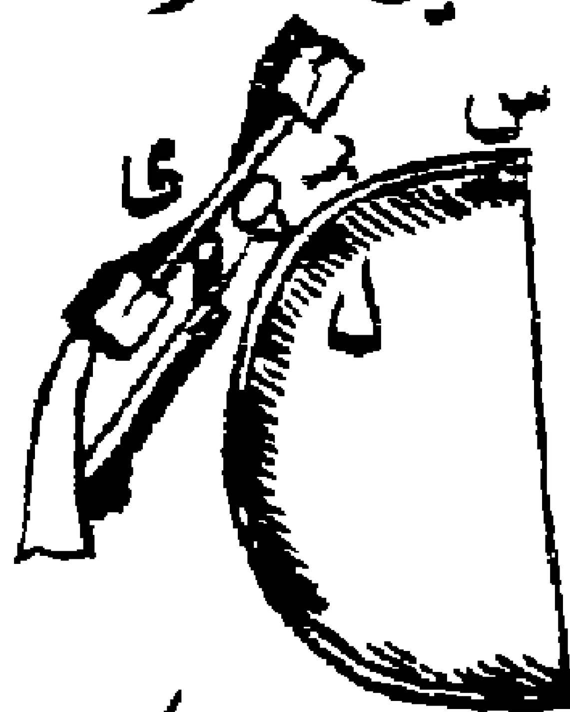
اذا تعبت النحلة كان صوت دندنتها على ومن السلم واما اذا ذهبت تجني فيكون صوتها على ا واذا أمسكت ذبابة الخيل صفقت جناحيها ٣٥٠ صفقة في الثانية والنحلة ١٩٠ صفقة . ومن العجيب ان قوة قليلة تحرك مقدارا عظيما من الهواء فانا نسمع للطائر صوتا واضحا عن علو ٥٠٠ قدم وذلك يقتضي له تحريك كرة من الهواء قطرها ١٠٠٠ قدم وثقل هوائها اكثر من ٤٢٩٠٠ اقة .

فونوغراف أديسن . قد اخترع اديسن الفيلسوف الاميركاني آلة لاعادة الصوت تسمى فونوغراف وهي كلمة يونانية معناها كاتب الصوت وقد اشتهرت هذه الآلة لامرين الاول بساطة تركيبها والثاني عظم فائدتها .



الشكل ١٤١

ترى في الشكل ١٤١ فوهتي شبيهة بالاذن في نهايتها غشاء طبلي معدني رقيق وقد غرز داسن محدد من فولاذ في زنبرك على قفا الغشاء وهذا الراس المحدد يضغط بلطف على سطح صفيحة من تنك ويبعث اليها اهتزازات الغشاء بتوسط انابيب من الصمغ الهندي وانبوبة اخرى مجوفة تسكن اهتزازات الزنبرك نفسه . وهذا ما يدل عليه في الشكل ١٤٢ الذي هو صورة مكبرة .



الشكل ١٤٢

اما صفيحة التنك فملفوفة على محيط اسطوانة مستطيلة س على وجهها حفر لولبي مصنوع بكل دقة واحكام كل خيط منه غويط قيراط . والاسطوانة تشتغل دائرة على لولب ا ا الذي خيطانه كخيطان الاسطوانة نفسها وبدار بواسطة المقبض م وتلك الحركة يضبطها دولاب كبير . وفي الآلة نظام آخر ذدربه يترتب موقع الفوهة وضغطها على صفيحة التنك .

فاذا اهتز الغشاء بالتكلم او الترنم في الفوهة حينما تدار الاسطوانة ادارة متصلة فذلك يجعل سردًا من نقط وخطوط على صفيحة التنك التي تحفظها لكونها غير مرنة .

ثم اذا انعكس العمل بان تعكس ادارة الآلة تنشئ صفيحة التنك المحززة صوت الغناء او التكلم الذي كانت قد اشتغلته الفوهة . والاحسن لرد الصوت استعمال فوهة خصوصية غير الفوهة الاولى مختصرة كالتي في الشكل ٢٤٢ . وهذه ترتب بحيث يشتغل الراس المحدد في حزوز سير التنك بين خيطان اللولب الذي للاسطوانة وذلك يجعل غشاء الفوهة يهتز ولما كانت اهتزازاته متصلة بالهواء بواسطة البوق تعيد الصوت . فاذا اريد ان يكون الصوت مرتفعًا استعمل له الغشاء الرقيق المرن . واذا اريد ان يكون واضحًا اختير له غشاء صلب .

وعلى هذا الاسلوب قد اعيد الصوت وسمع واضحًا . اما المقاطع فممتازة مع كونها ضعيفة والفوهة تعيد لهجة الشخص الذي يتكلم فيها ولكن بغنة فعلى هذا يمكن ان يخزن الكلام على سير من تنك ويحفظ زمانًا مديدًا ويمكن ان يعاد الصوت اكثر من مرة بواسطة سير التنك غير انه بعد الاعادة ثانية تضعف قوته كثيرًا .

اذا ازدادت سرعة الدوران عما كانت قبل تتغير لهجة التكلم واذا لم تكن على نسق واحد فالاعادة في الترنم غير صحيحة . فلكي تجعل السرعة على نسق واحد قد استعمل لذلك ساعة كبيرة . ثم ان في درجات الوضوح للمقاطع والحركات التي تعاد فرقًا جسيمًا . فان السين مثلًا اذا ادير الفونوغراف في عكس الجهة قليلة الوضوح جدًّا ولكن سائر الحروف تبقى على سجيتها وتعاد الكلمات والحروف معًا مقلوبة . وحسب تقرير اديسن يمكن تدوين ...... ٤٠ كلمة على قسيمة لا تفوق عشرة

قراريط مربعة م

الباب الثامن

في البصريات

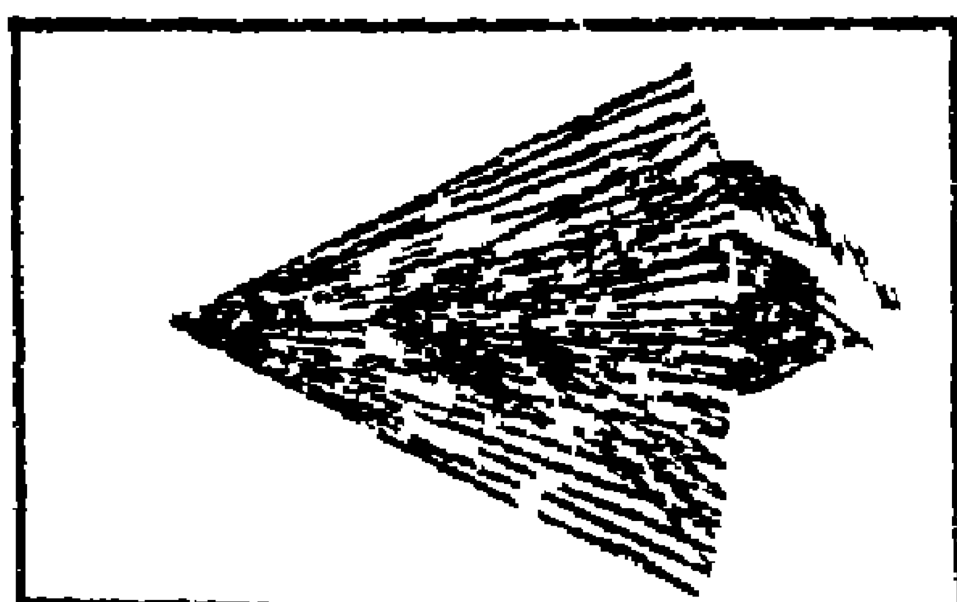
الفصل الاول

في النور ونواميسه

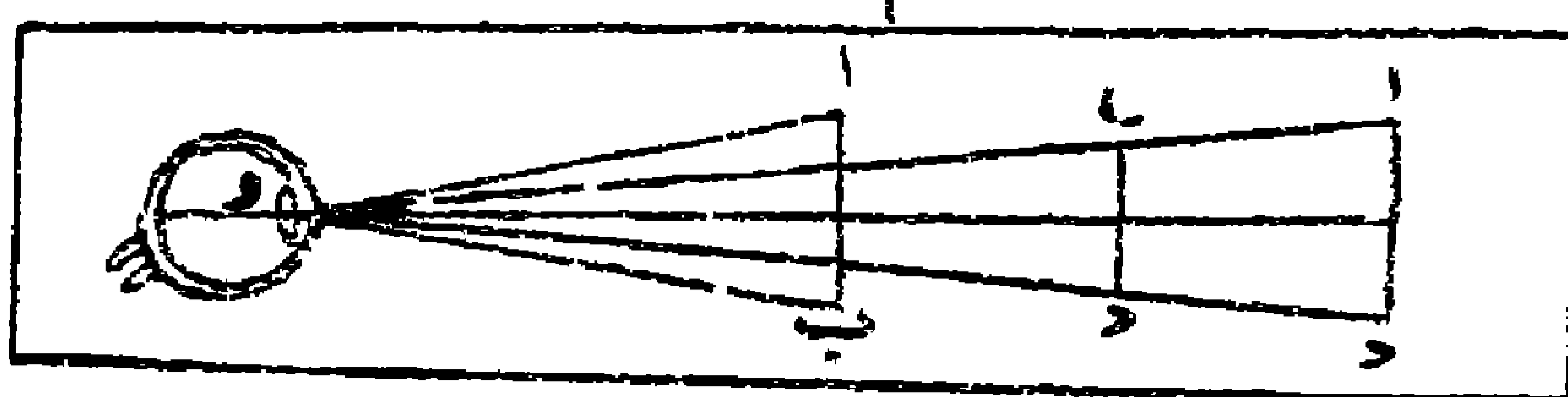
(٣٤٧) حدودٌ . البصريات فنٌّ يُبحث فيهِ عن النور والاجسام من حيث ملابستها للنور اما منيرة وهي ما يصدر النور منهُ كالشمس والنار ونحوهما واما مظلمة وهي ما لا يصدر منهُ نور بل ينعكس عنهُ نور غيره اذا وقع عليهِ وهذه لا تُرى الا بنورٍ مكتسب من غيرها كالقمر والحجر ونحوهما والاجسام من حيث نفوذ النور منها اما شفافة او شبيهة بالشفافة او ظليلة فالشفافة هي التي تعيق النور يسيرًا عن نفوذهِ منها كالزجاج فترى الاشباح من ورائها[1] والشبيهة بالشفافة هي التي تعيق النور كثيرًا عن نفوذها كالورق المزيت ونحوه فلا ترى الاشباح من ورائها . والظليلة هي التي لا ينفذها النور كالحجر ونحوه بل تلقي ظلًا كثيفًا على الارض *

(١) الشفاف والظليل كلمتان اعتباريتان فلا جسم تام الشفافية ولا الاظلال لانهُ لا بد للشفاف من ان يصد بعض النور عن نفوذهِ فان اصفى الزجاج يضعف النور يسيرًا ويقال انه لو سار عمق الهواء ميل ...

والوسط هو المكان او الجسم الذي يسير النور فيه كالفراغ والماء والهواء والزجاج وما اشبه. وشعاعة النور خطٌ واحدٌ من خطوطه. فاذا أُدخل النور من ثقب دقيق الى غرفة مظلمة ظهرت الشعاعة من سطعان الهباء الذي تقع عليه وقلم النور عدة اشعة منفرجة من نقطة واحدة او منضمة اليها. اما المنفرجة فهي التي تتفرق من نقطة واحدة و اما المنضمة فهي التي تلتقي في نقطة واحدة بعد تفرقها. ترى ثلاثة اقلام في الشكل ١٤٣ وحبل النور اشعة متوازية مجتمعة.



الشكل ١٤٣



الشكل ١٤٤

(٢٢٨) زاوية النظر هي الزاوية الواقعة بين شعاعتين تلتقيان في العين احداهما من طرف واحد من الشيء المنظور واخرى من طرفه الآخر.

ليكن اب (الشكل ١٤٤) شيئاً تراه العين و فالزاوية ا و ب هي زاوية النظر وهي تصغر ببعد الجسم عن العين فاذا نقلنا الشيء اب الى اد تصير زاوية النظر ا و د وهي اصغر من الزاوية ا و ب فلذلك يظهر الشيء اد اصغر من اب. اذاً اذا كبرنا هذه الزاوية او صغرناها بواسطة من الوسائط مع بقاء بعد الشيء على حاله نكبر الشيء للعيان او نصغره كما سيأتي

لكان لا يصل الينا نورٌ من الشمس ولا الكواكب. ولا بد للظليل من ان ينفذه بعض النور فان الذهب اذا طرق ورقاً يخضر لونه ويشف كالشبيه بالشفاف وكذلك القرون اذا قشرت. وقد وجد ان النور ينفذ الى اسفل اعماق البحار فلا يبقى ما هناك في الظلام الحالك طول دهره.

فی المرایا والمعدسیات انشاء اللہ تعالیٰ۔

(۲۴۹) النور۔ النور شیئٌ اذا اصاب شبکیۃ العین اثر فیہا البصر وفی مادیتہ قولان احدھما انہ مادۃ لطیفۃ مؤلفۃ من دقائق صغیرۃ جدا تنبعث من الاجسام المنیرۃ الی کل الجہات فی خطوط مستقیمۃ بغایۃ السرعۃ فتصیب الاجسام ثم تنعکس عنہا الی العین فتبصر العین الاجسام بہا وھذا قول اسحق نیوتن وطائفۃ من الطبیعیین وقد کاد یبطل۔ والآخر ان النور لیس مادۃ بل اھتزازٌ فی الاثیر والاثیر سائل علی غایۃ اللطافۃ منتشر فی جمیع نواحی الکون یشغل کل فراغ ویتخلل مسام الاجسام فینفذ من مسام الزجاج ویشغل الفراغ التی تحدثہ المفرغۃ فی القابلۃ ولا یقبل کاشفا من الکواشف الکیمیۃ،

ولبیان حدوث النور من الاجسام المنیرۃ یظن ان الشمس ونحوھا تکون دقائقھا فی حالۃ الاھتزاز علی الدوام فیھتز باھتزازھا الاثیر الملابس لھا ویتموج امواجا مستدیرۃ حول الجسم المنیر حتی یقع علی العین فتشعر بالنور او حتی یصیب الاجسام وینعکس عنہا الی العین فتبصرھا بواسطتہ. فتکون امواج النور علی ھذا القول کامواج الصوت ولکن الصوت یکون فی الھواء والنور فی الاثیر والصوت یسیر فی نفس الجہۃ التی تسیر فیہا امواجہ واما النور فیسیر فی جہۃ معارضۃ لجہۃ امواجہ. فاذا وقعت شعاعۃ علینا من نجم فوق رؤسنا والدقائق التی تتألف منہا امواج تلک الشعاعۃ تھتز الی الشمال والجنوب والشرق والغرب وکل جہۃ بین ھذہ الجہات الاربع بحیث تکون جہۃ اھتزازھا عمودیۃ علی جہۃ نزول الشعاعۃ۔

(۲۵۰) نوامیس النور۔ نوامیس النور ثلاثۃ الاول۔ ان النور ینبعث بالتساوی من الجسم المنیر الی کل الجہات۔ ودلیل ذلک انا نری الجسم المنیر من ای ناحیۃ التفتنا الیہ ولا یخفی جزءٌ منہ عنا اکثر من غیرہ کیف مادرنا حولہ۔

الثانی۔ ان النور یسیر فی خطوط مستقیمۃ اذا اخترق وسطا

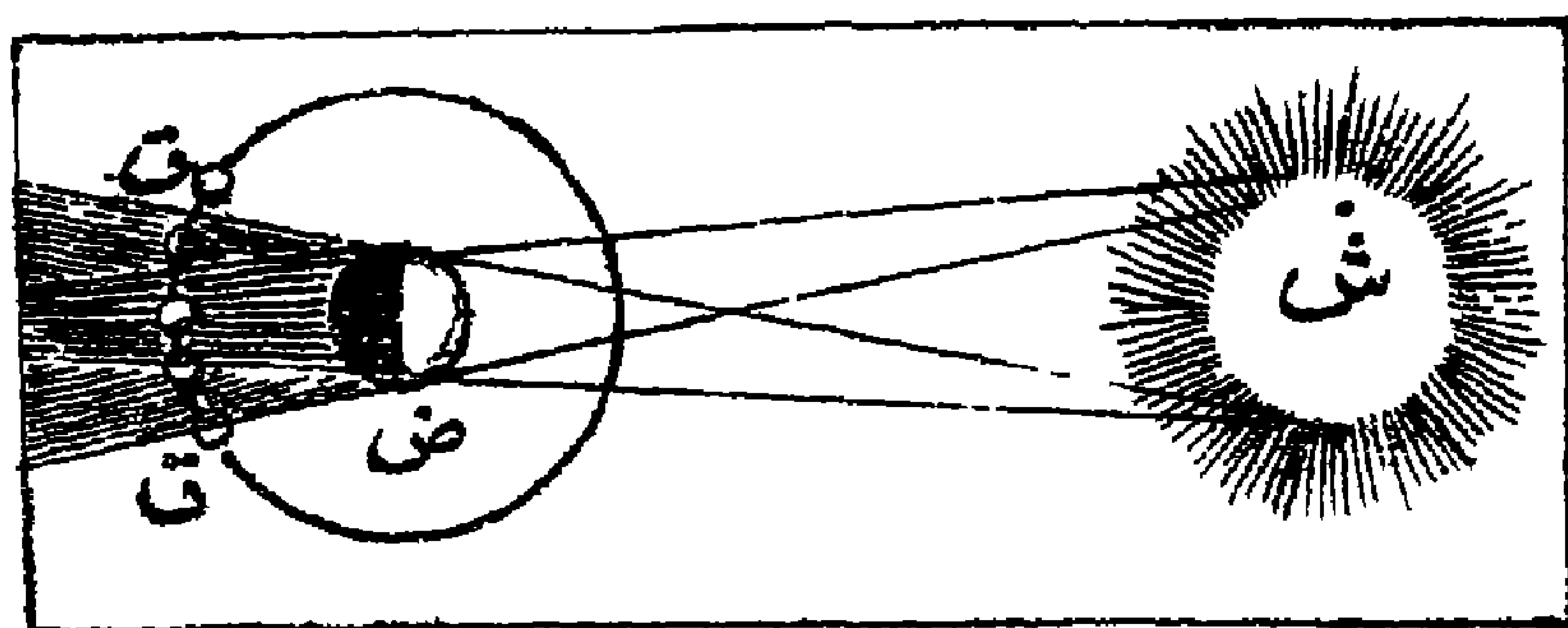
متجانس الاعضاء - اعني ان يكون تركيب الوسط واحدًا وكثافته واحدة في كل اجزائه.

ودليل ذلك انه اذا اعترض جسم ظليل بين عيوننا وبين الاجسام المنيرة يختفي الجسم المنير عنا لان اشعته تسير في خطوط مستقيمة فلا تدور حول الجسم الظليل حتى تقع على عيوننا. ولذلك لا نرى الاشباح من وراء الحائط ولا من وراء صفائح متعددة مثقوبة ما لم تكن ثقوبها واقعة بعضها فوق بعض بحيث تدخل الاشعة منها على استقامتها

(٢٥١) الظل والظليل. الظل انقطاع اشعة الشمس او نحوها عن مكان لحيلولة جسم ظليل بينها وبينه. والظليل انقطاع بعض اشعة الشمس عنه وهو متوسط بين الضوء والظل. وبيان ذلك ليكن اب (الشكل ١٣٥) لهيب شمعة وت ث شيء ظليل قبالته فعند وقوع الاشعة من اب على ت ث تصد عن نفوذها فيبقى ما وراءه مظلما وهو ظله.

فلو كان ضوء الشمعة نقطة واحدة فقط لألقى الشيء وراء ت ث ظلا لا ظليلا فقط ولكن ضوءها مؤلف من نقط عديدة وكل نقطة تبعث قلما منفرجا من النور الى كل الجهات. فالنقطة ا مثلا تبعث القلم ت ا ث فمتى وقع على طرفي الشيء ت ث تذهب الشعاعة ا ت في جهة ذ والشعاع ا ث في جهة ز والنقطة ب تبعث القلم ت ب ث فتذهب شعاعته ت ب في جهة ر و ث ب في جهة ذ فالقلم المنبعث من ا يلقي ظلا على الفسحة ز ث ر ذ ونورا على الفسحة ذ ت والقلم المنبثق من ب يلقي نورا على الفسحة الاولى وظلا على الثانية بعكس الاول واقلام بقية النقط التي بينهما تلقي ظلا على الواحدة ونورا على الاخرى حسب قربها من ا او ب. فيكون الظل في الفسحتين المذكورتين اقل ظلاما من ت ث ر ذ الذي لا يقع عليه نور واقل نورا من بقية الاجزاء المستنيرة ولذلك يسمى ظليلا وهو يقل ظلاما كلما ابتعد عن الظل ويشاهد

الشكل ١٣٥

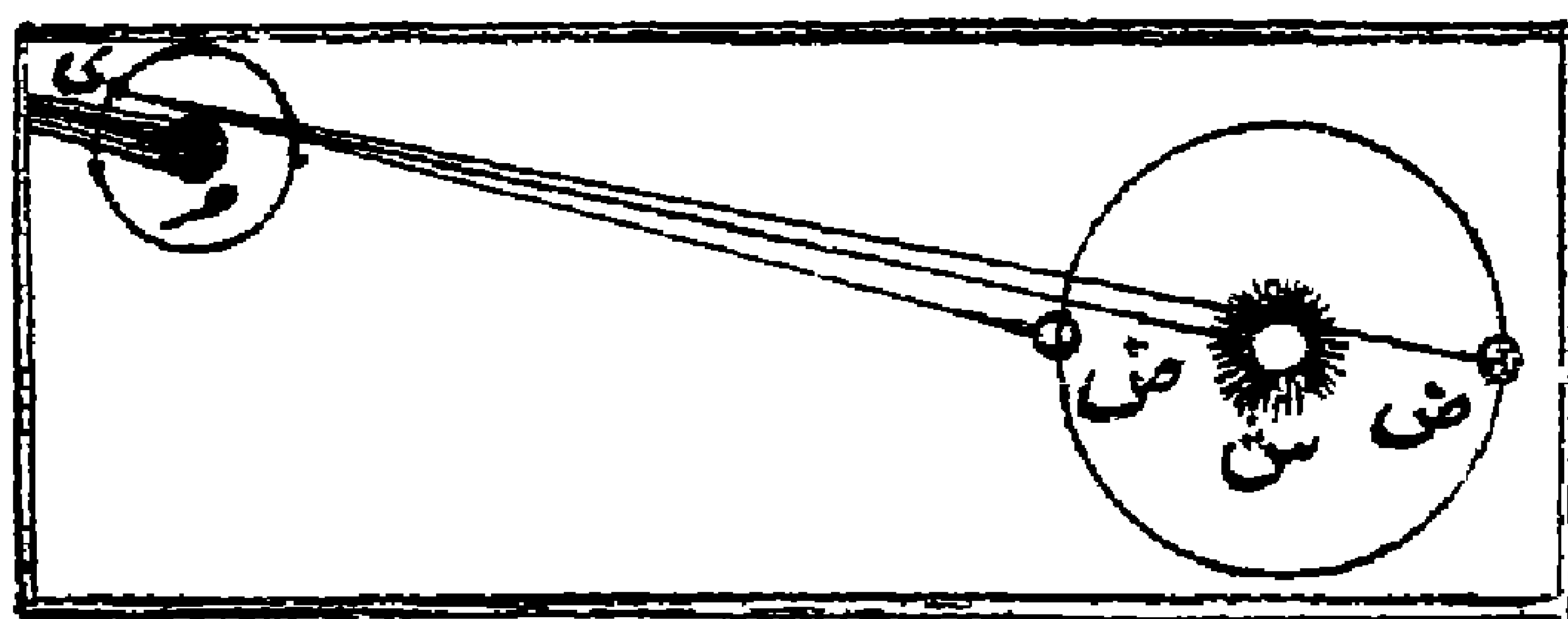


الشكل ١٢٦

جليا في ظل الارض عند انخساف القمر فانه ينخسف اولا بدخوله الظليل ثم الظل كما ترى في الشكل ١٢٦ ش الشمس وض الارض ق ق القمر في ظلها وظليلها.

(٢٥٢) الناموس الثالث. ان كثافة النور تنقص بقدر ما يزيد مربع بعده. فاذا اضأنا خمسة مصابيح متساوية النور كثافة وممتدة او ووضعنا مصباحا منها على بعد ذراع واحدة والبقية على بعد ذراعين عنا رأينا نوره معادلا لنور الاربعة معا. وسبب تناقص كثافة النور بزيادة مربع بعده هو ان اشعته تنفرج في البعد فتنتشر على سطح اوسع من الاول كلما بعدت

(٢٥٣) سرعة النور. المعول عليه الآن هو ان النور يقطع ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية ولعظم سرعته هذه لا يشعر بها عادة على الارض فمهما كان بعده عن الناظر يظهر له وللذين ابعد منه في وقت واحد حتى انه لو دار قلمه من حول الارض لاكمل دورته اسرع من لمح البصر



الشكل ١٢٧

تستعلم سرعة النور بطرق متنوعة ابسطها خسوف اقمار المشتري وذلك ان لسيار المشتري اربعة اقمار تدور حوله في مدات مختلفة فمتى وقع بين الشمس وبينها تمر في ظله فتنخسف عنا في اوقات معلومة من انخسافها هذا استخرج فلكي دنمركي

يسمى رومير سرعة النور كما ياتي: ليكن م المشتري (الشكل ١٤٧) وهي اول اقماره يدور حوله في الدائرة المرسومة. وليكن ش الشمس و ض الارض دائرة في دائرتها حول الشمس فمتى كانت الارض عند ض والمشتري وقمره المذكور في الاستقبال تكون الفترة بين انخسافه وانخساف آخر يتلوه ٣٦″ ٢٨′ ٤٢س. ثم اذا كانت تسير في دائرتها حول الشمس من ض وتتباعد عن ذلك القمر لاحظ الفلكي المذكور ان فترات انخسافه كانت تتزايد اي انه كان يتأخر عن الميقات المعين المرقوم لكل انخساف يتلو ما قبله بعد تقييد الانخسافات المتوالية في زيج حتى وصلت الارض بعد ٦ اشهر الى ض اذ صار قمر المشتري في الاقتران فكان هناك معظم التاخير الذي وصل الى ١٦ ٣٦ ومن ثم اخذت الفترات بين خسوفات متوالية تتناقص برجوع الارض الى ض حتى صارت تتم ٣٦″ ٢٨′ ٤٢س. ولكنه لم يحصل فرق يعتد به بين فترات الخسوفات المتوالية في سيرها في قوس صغيرة عند الاستقبال او الاقتران حيث لا يزداد البعد لذلك ازديادا يلتفت اليه فحكم رومير حكما قطعيا ان ذلك التاخير لا بد ان يكون مسببا عن تاخر وصول النور بسيره في تفاوت بعد الارض عن قمر المشتري تباعدها عنه من الاستقبال الى الاقتران. وذلك الفرق انما هو قطر دائرة الارض حول الشمس ومقداره بحساب الفلكيين ١٨٩٢٤٠٠٠٠ ميل فاذا قسمنا هذا العدد على ٩٩٦ اي ثواني ١٦′ ٣٦″ يخرج ١٩٠٠٠٠ ميل سرعة النور في ثانية واحدة. وعلى ذلك يلزم للنور ٨ دقائق و ٢ ثانية فقط حتى يصل من الشمس الينا مع ان صوت المدفع لا يصل في اقل من سبع عشرة سنة لو امكن ان يصل منها الينا.

هذا ولعظم بعد النجوم عنا يقتضي النور سنين حتى يأتي منها الينا فاقرب نجم من النجوم الثوابت لا يصل نوره الينا الا بعد خروجه منه بثلاث سنين ونصف سنة وغيره لا يصل نوره الينا الا بعد الوف من السنين. فاعجب لعظمة هذا الكون واقتدار خالقه جل جلاله.

(٢٥٤) امتصاص النور. لا جسم كامل الشفافية فلا بد ان تمتص الاجسام بعض النور بابطالها تموج الاثير وهذا يقال له امتصاص النور. فاذا وقع ضوء الشمس على جسم اسود قلنا ان الاسود يمتص النور وليس لانه يمتصه حقيقة امتصاص الخرقة الماء بل لانه يبطل تموج الاثير فيطفئ النور. فيكون لفظ الامتصاص في النور من باب المجاز. ٥٥

الفصل الثاني

في انعكاس النور

(۲۵۵) النور المستطير والنور المنعكس :- انعكاس النور هو رجوعه عن جسم بعد وقوعه عليه من جسم منير. فاذا كان الجسم الذي يقع النور عليه خشن السطوح فلسبب خشونته تتفرق الاشعة عنه منتشرة منه الى كل الجهات فيرى ذلك الجسم من كل جهة ويسمى النور المندفع عنه النور المستطير و اما اذا كان املس صقيلا فتندفع اشعة النور عنه الى جهة واحدة او الى جهات معينة فلا نرى منه صور الاشباح الا اذا وقفنا في تلك الجهات المعينة ويسمى هذا النور النور المنعكس.

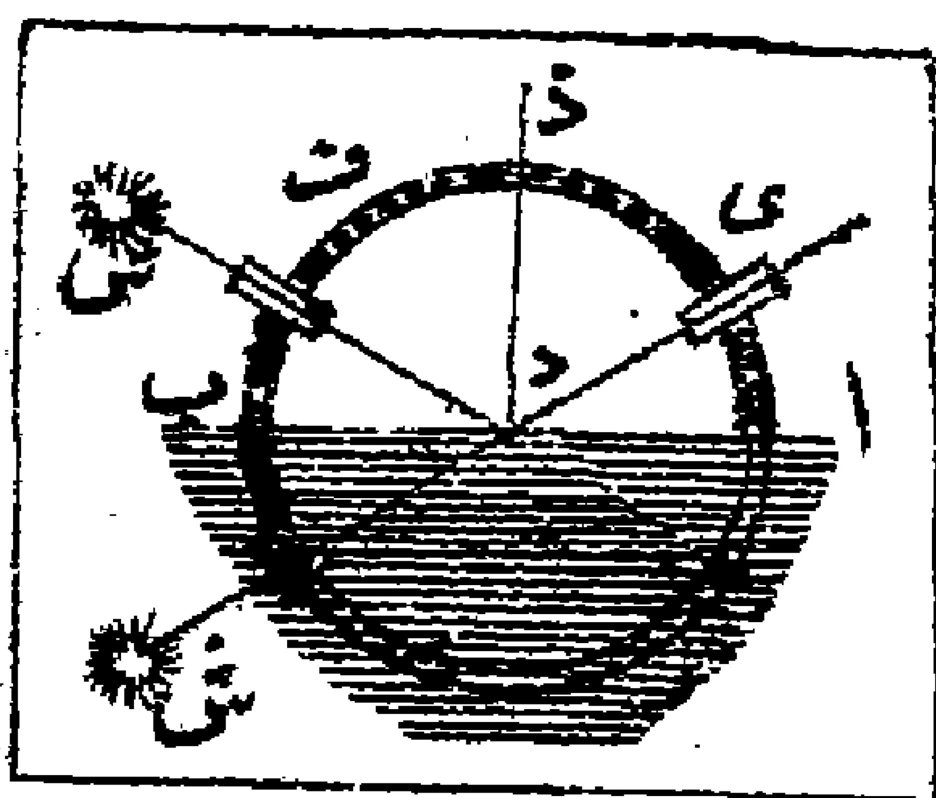
بالنور المستطير نرى الاشباح الظليلة نفسها وبالنور المنعكس نرى صورة الاشباح لا الاشباح نفسها لان الاجسام الصقيلة التي يندفع عنها النور المنعكس لا تظهر هي به وانما تظهر به الاشباح التي اوقعته عليها. كالمرآة مثلا فاننا لا نراها هي بالنور المنعكس بل نرى الاشباح التي توقع النور عليها. واذا قيل فكيف نرى المرآة نفسها فالجواب اننا نراها بالنور المستطير فقط ولو كانت تامة الصقالة والشفافية لم نرها البتة. ومن الشواهد على ذلك ان زجاجة ... اذا اتسخت سهل على الانسان ان يعلم بوجودها لانها تختفي وكلما صفت عسر عليه ذلك حتى ان كثيرين يرون صور الناس في المرآة فيحسبونهم اناسا انفسهم لا صورهم لعدم علمهم بوجود المرآة.

واعلم ان النور اذا وقع على جسم شفاف فالجانب الاكبر منه ينفذه والاصغر ينعكس عنه واذا وقع على جسم ظليل فبعضه ينعكس عنه وبعضه يمتص ويزيد مقداره او ينعكس

من النور بحسب صقالة الجسم فكلما زادت الصقالة زاد النور المنعكس لاّ اذا كان لون الجسم اسود فانه يمتص النور. ولولا النور المستطير والمنعكس لم نقدر على رؤية الاشباح ولا رؤية صورها. فكل ما يرى من جسم ولون وصورة انما يرى بالنور المندفع عنه.

(٢٥٦) ناموس انعكاس النور. هو مثل ناموس انعكاس الاجسام المرنة والاصوات اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس. وتكون كلتا الشعاعة الواقعة والمنعكسة في سطح واحد عمودي على السطح العاكس.

ويتضح ذلك من هذه التجربة. وهي اذا وضعت العين في الانبوبة ى (الشكل ١٢٨) وكانت الانبوبة ث متجهة الى الشمس ظهرت صورة الشمس عند ش لان الشعاعة ش د تنعكس عن سطح الزيبق اب من د الى ى. ثم اذا قيست الزاوية ث د ذ وهي زاوية الوقوع و ذ د ى وهي زاوية الانعكاس كانتا متساويتين ولا ترى صورة الشمس من غيرى اذا أديرت الانبوبة من مكانها الى جهة اخرى لانها تخرج عن حد زاوية الانعكاس واما كون الشعاعتين الواقعة والمنعكسة في سطح واحد عمودي على السطح العاكس فلأن محوري الانبوبتين ى و ث يجعلان عند عمل الآلة في سطح واحد مواز



الشكل ١٢٨

لسطح الدائرة ذى اب وهذه الدائرة توضع بحيث يكون سطحها عموديا على اب اى على السطح العاكس فالشعاعتان اللتان تمران في محوري الانبوبتين تكونان في سطح واحد عمودى على السطح العاكس واذا أميلت الدائرة فلا ترى صورة الشمس

ثم ان النور المنعكس عن سطح تزداد كثافته بانعكاسه عنه بعد الوقوع عليه عما كانت قبل الوقوع عليه. وذلك لان السطح العاكس يقوّي تموّجات النور برد الصادمة اليه فتزداد كثافته اى لمعانه. فاذا وقعت شعاعة على السطح عمودية انعكست عنه برجوعها في خطها العمودي باعظم كثافة. وكلما مالت الشعاع عن الخط العمودي على السطح من نقطة الوقوع تعظم كثافتها بعد انعكاسها عن التي تحصل لها بعد انعكاسها لو وقعت عمودية اى ان الشعاع تزداد كثافة المندفعة منها عن السطح بزيادة ميلها

عن الخط العمودي عليه في نقطة الوقوع . فاذ وضعت مثلا طلحية ورق امام مصباح افقية ونظرا اليها بزيادة انحراف اي بتقريب النظر الى الطلحية ترى صورة لهيب المصباح بالانعكاس ولكنها لا ترى اذا كانت الاشعاع اقل انحرافا اي قريب الى العمودي على الورق في نقطة الوقوع ولذلك كلما بعدت الشمس عن الهاجرة نحو الشرق او نحو الغروب اشتد ضياء صورتها في مرآة او في ماء وقس عليه .

(٢٥٧) الجهة التي تظهر الاشباح فيها . اننا لا نرى الاشباح الا في جهة الاشعة الداخلة منها الى عيوننا . فاذا وصلت الينا الاشعة رأسا من غير ان تنحرف عن استقامتها رأينا الاشباح في اماكنها الحقيقية واما اذا انحرفت بانعكاسها من جهة الى اخرى او بانكسارها كما ستعلم رأينا الاشباح في الجهة الاخيرة التي تدخل فيها الاشعة الى عيوننا . فاذا كان ضوء عن اليمين وانحرفت اشعته حتى دخلت العين عن اليسار حسبناه عن اليسار لا عن اليمين ولذلك يقال ان الاشباح تظهر في جهة الاشعة الاخيرة وهو قول كثير الورود فاحفظه .

(٢٥٨) المرايا . كل سطح صقيل يعكس النور يسمى مرآة والمرايا على ثلثة انواع مستوية ومحدبة ومقعرة . فالمستوية هي التي سطحها مستو كالمرآة الاعتيادية . والمحدبة هي التي سطحها محدب كسطح زجاجة الساعة الاعلى . والمقعرة هي التي سطحها مقعر كسطح زجاجة الساعة الاسفل .

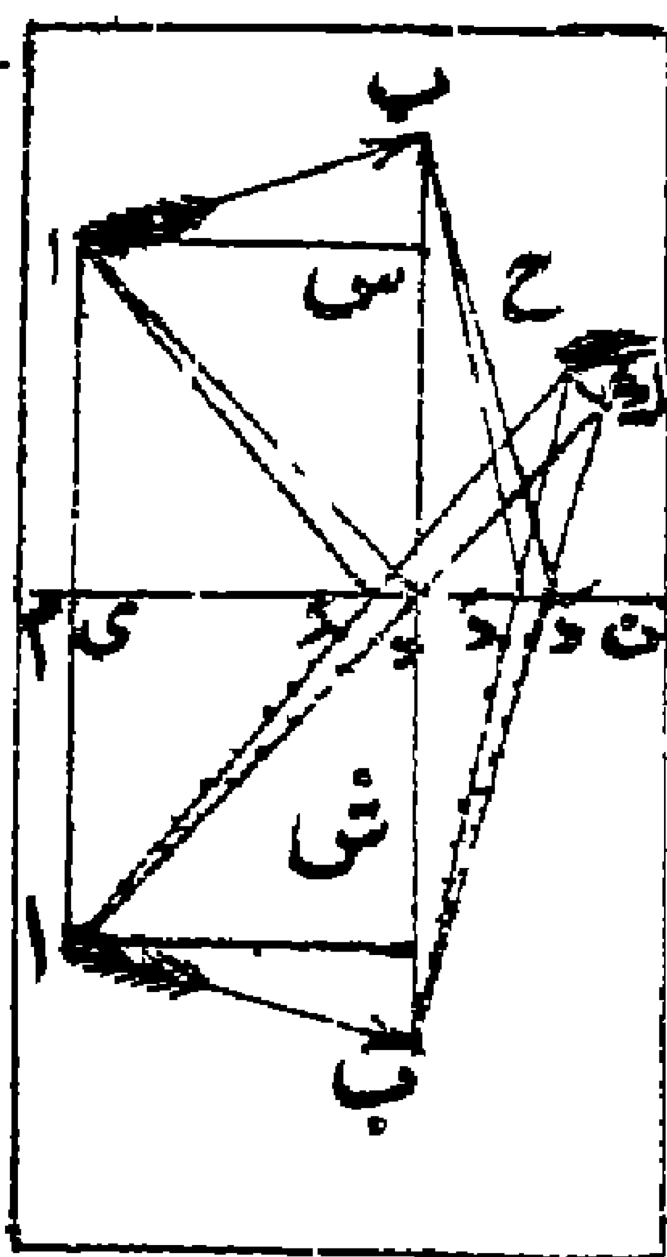
(٢٥٩) المرآة المستوية السطح . ان اشعة النور ترجع بعد انعكاسها عن سطح مستو مائلة عن العمودي من نقطة الوقوع كميلها عنه واقعة .

فاذا وقف شخص امام مرآة مستوية السطح فكل الاشعة التي تقع منه على المرآة تنعكس باقية على اوضاعها الاصلية (١) لان زوايا الوقوع فيها جميعها تعدل زوايا الانعكاس .

(١) تسهل معرفة جهة الاشعة المنعكسة في انواع المرايا الثلاث برسم خط عمودي على سطح كل منها في النقطة التي تقع الاشعة عليها فتتكون زاوية الوقوع بين الخط العمودي والاشعة . ثم ترسم زاوية تساويها على الجانب المقابل من العمودي فتكون زاوية الانعكاس . ولكي لا تلتبس على الطالب معرفة رسم العمودي على المرآة المقعرة والمحدبة نقول انه يكون دائما نصف قطر الكرة التي تحسب المرآة قطعة منها

فالاشعة الواقعة من الوجه على المرآة مثلاً تنعكس مرتباً بعضها بالنظر الى البعض الآخر كترتيبها حال وقوعها وقس على ما تقدّم. فتظهر صورة الشخص في المرآة المستوية مقوّمة حجمها بقدر حجمه ولكن يمينها يوافق يساره ويسارها يمينه.

(٢٦٠) كل صورة تظهر وراء مرآة يكون بعدها عن المرآة بقدر بعد صاحب الصورة امامها.



الشكل ١٣٩

ولايضاح ذلك لنفرض اب (الشكل ١٣٩) سهماً موضوعاً مقابل المرآة م ن. فالاشعة التي تقع من النقطة ا على د ذ من المرآة تنعكس وتدخل العين فيحسبها الناظر آتية من آ لانه يراها في جهتها الاخيرة (عد ٢٥٥) والاشعة التي تقع من ب على د ذ من المرآة تظهر انها آتية من بَ بعد انعكاسها الى العين. فتظهر صورة السهم اب عند آبَ على بعد من المرآة م ن يساوي بعد السهم عنها كما يتبرهن هندسياً. ولذلك يكون بعد صور الاشباح خلف وجه المرآة بقدر بعد الاشباح نفسها عنها امام وجهها.

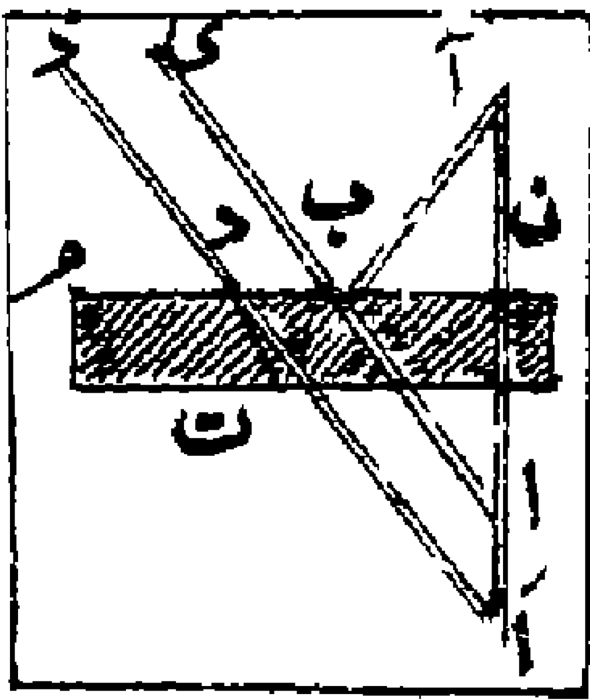
(٢٦١) تعدّد صورة الشبح في مرآة واحدة. قبل ايضاح ذلك نقول ان المرايا اما زجاجية وهي التي تُصنع من لوح من الزجاج قد طُلي احد وجهيه بالقصدير والزئبق. واما معدنية وهي التي تُصنع من الذهب او الفضة او القصدير او الفولاذ او غيره (١). فالمعدنية لا يرى فيها الا صورة واضحة واما الزجاجية فيرى فيها صورتان احداهما الصورة التي يعكسها سطح الزجاج الصقيل عند وقوع اشعة الشبح عليه وهي الخفية والاخرى الصورة التي يعكسها

(بقية صفحة ٢١٣) ويرسم من مركز هذه الدائرة عمودياً على النقطة التي تقع الاشعة عليها. ولزيادة التسهيل في درس المرايا يلتفت الطالب لحصول نحو في المرآة فاذا اعوزته المرآة المقعرة او المحدبة فليستعمل ملعقة من احد المعادن اللامع مكانها او طاساً

(١) ان اصل المرايا غير معروف والمعوّل عليه ان الماء كان يقوم قديماً مقامها والظاهر ان المرايا المعدنية قديمة العهد جداً فقد ذكرت في سفر الخروج.

طلاءُ القصدير والزئبق وهي لواضحة (١) . واذا نظرنا الى مرآة الزجاج بالوراب رأينا للشبح صورًا متعددة غير الصورتين المذكورتين وسبب ذلك يتضح مما يأتي .

بيكن أ د (الشكل ١٥٠) جسمًا منيرا وم ن مرآة من الزجاج وعين الناظر فى جهة مائلة عليها كما ترى عند ى فعند وقوع الاشعة من أ على ب من المرآة ينعكس بعضها الى ى الى عين الناظر فيرى صورة عند أ وينفذ بعضها الزجاج حتى يصل الى القصدير ت فينعكس عنه ويصل قسم منه الى ى الى عين الناظر ايضا فيرى صورة ثانية اوضح من الاولى عند آ . واما القسم الآخر فعند وصوله الى د فى انعكاسه عن ت يعود ايضا الى القصدير ثم ينعكس جانب منه الى العين فترى صورة ثالثة . واما الجانب الآخر فيعود الى القصدير وينعكس بعضه عنه الى العين فترى صورة رابعة وهلم جرا بزيادة عدد الصور بقدر ما ينحرف نظر الناظر الى المرآة وتكون الاولى خفية جدا والثانية واضحة والبواقي تتناقص وضوحا بالتدريج



الشكل ١٥١

(٢٦٣) صورة الاشباح فى الماء ظهر مما تقدم ان الزجاج ولو كان شفافا يعكس بعض الاشعة فيحدث صورة خفية . ومثله الماء وجميع الاجسام الشفافة فتظهر فيها صور الاشباح موافقة اجزاؤها الاجزاء اشباحها ولكنها تكون مقلوبة . فاذا وقف شخص مقابل بركة ماء بجانبها بيت ورأى صورة البيت فى الماء وجدها مطابقة للبيت بكون حيد رانها توافق حيد رانه الخ . ولكنه يراها مقلوبة اسفلها الى فوق واعلاها الى تحت . ويظهر ذلك ايضا بوضع المرآة وضعًا افقيًا واستقبال الصور بحيث تنعكس عنها الى العين . اذا وقع ضوء الشمس او نور القمر على الماء رأينا

(١) اذا اردنا ان نعرف سمك زجاج للمرآة وضعنا عليه ريالا فاذا ظهرت صورة الريال الواضحة بعيدة عنه حكمنا بسماكة زجاجها . لان هذه الصورة تنعكس عن القصدير الملطى به قفا المرآة . واذا اردنا ان نعرف سمك الزجاج بتدقيق نصفنا البعد بين صورة الريال الواضحة وبينه لان الصورة تظهر وراء القصدير بقدر بعد الريال عنه .

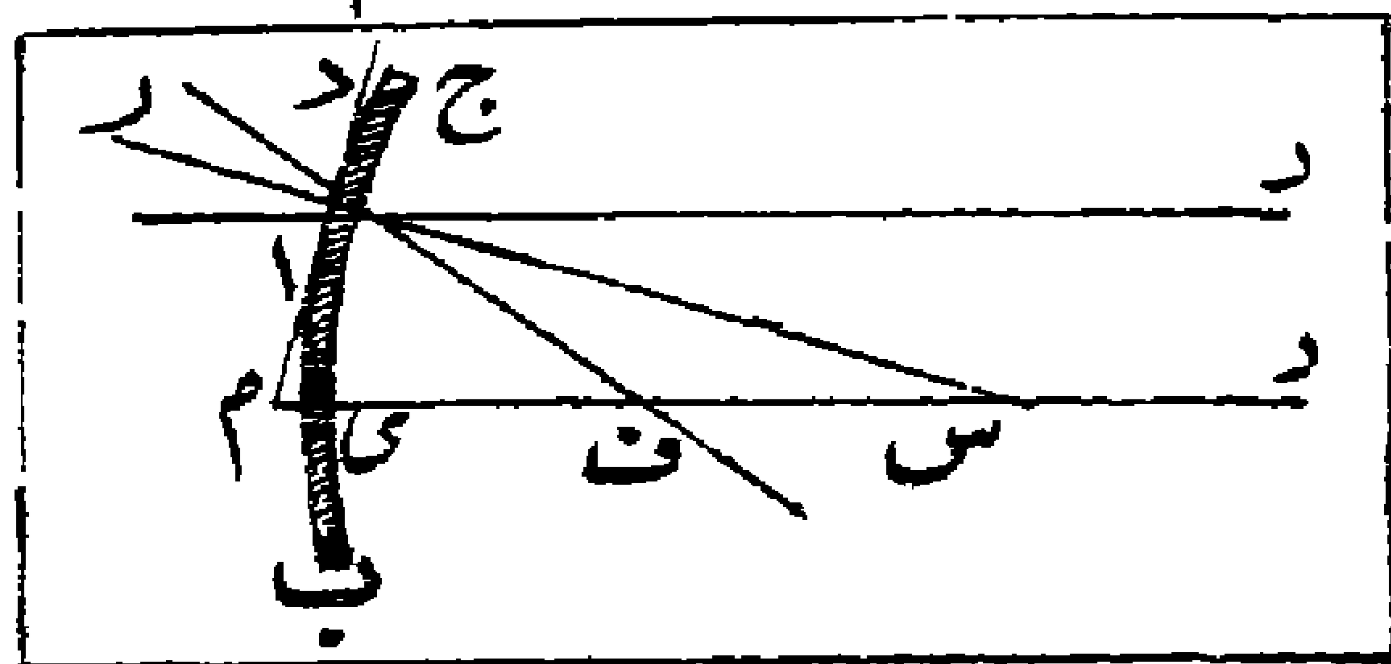
بقعة من الماء لامعة والباقي غير لامع . وذلك لاننا لا نرى الا الاشعة المنعكسة الى عيوننا فكل شخص يرى بقعة منيرة غير التي يراها الآخر اذا نظروا الى الماء في وقت واحد من اماكن مختلفة .

(٢٦٣) تعدّد الصور في مرآتين متوازيتين او غير متوازيتين . اذا وقف شخص بين مرآتين متوازيتين رأى لنفسه خلف كلٍّ منهما صوراً متعددة كلٌّ منها اخفى من التي قبلها . وسبب ذلك انعكاس صورته من مرآة الى مرآة كما يتضح بالتأمل . واذا وضعنا ضوءًا او جسماً آخر بين مرآتين احداهما مائلة على الاخرى قلّ عدد الصور عما يكون في المرآتين المتوازيتين فاذا كان ميل الواحدة على الاخرى ستين درجة ظهر للشيء خمس صور .

وعلى ذلك صنع الكليدسكوب وهو انبوبة من الورق السميك او نحوه يوضع فيها ثلاث مرايا كلٌّ مائلةٌ على الاخرى على زاوية ستين درجة ويوضع بينها خرز وقطع من الزجاج الملوّن ونحوها وتدار الانبوبة فيظهر فيها من الاشكال الجميلة ما يبهج النفس ويدهش الناظر وكل ذلك بتعدد صور الخرز .

واعلم ان جميع الصور التي تظهر في المرايا المستوية وهميةٌ اعني انه لا وجود لها ولكن يمكن تصورها هناك . لان النور لا ينفذ قصدير المرآة فيرسم صورة خلفها بل يندفع عنه . وسيأتي عليك في المرايا المقعرة والعدسيات ان النور يرسم صوراً حقيقية يمكن القاؤها على سطح جسم آخر .

(٢٦٤) المرآة المقعّرة . المرآة المقعّرة تجمع اشعّة النور الواقعة عليها الى نقطة تسمّى البؤرة او المحترق . فاذا وقعت الاشعة متوازية عليها وقع البؤرة في منتصف البعد بين وجه المرآة المقعّرة وبين مركز التقعير اي مركز الكرة المجوفة التي تحسب المرآة المقعّرة قسماً منها لان كل مرآة مقعّرة مثل قسم من كرة مجوفة وتسمى حينئذٍ البؤرة الرئيسية .



الشكل ١٥١

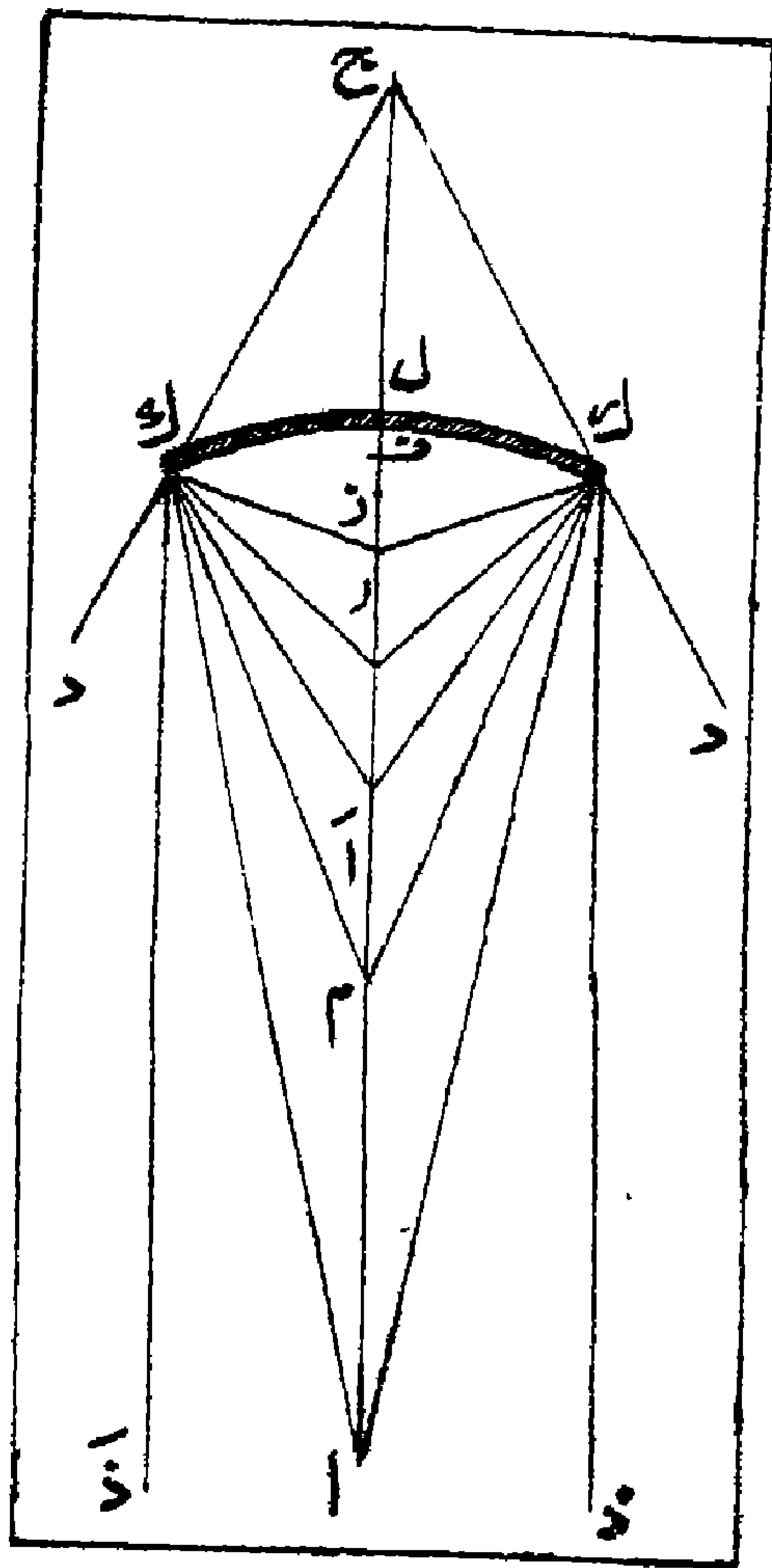
ليكن ب ى ج (الشكل ١٥١) صورة مرآة مقعرة فالخط ى ف س رئيسي محورها الرئيسي والخط س ا محورها الثانوي وس مركز التقعير وف بؤرتها الرئيسة. فاذا وقعت على هذه المرآة اشعة متوازية كالشعاعة ز ا انعكست الى ف البؤرة الرئيسة. لان زاوية الوقوع س ا ز تعدل زاوية الانعكاس س ا ف. وهكذا تنعكس كل شعاعة توازي الشعاعة ز ا وتقع بين س وى عند ف. ويبرهن هندسيًا ان بعد ف عن س مركز المرآة يساوي بعدها عن ى سطح المرآة. ولو وضعنا ضوءًا في ف لانعكست اشعته عن المرآة في خطوط متوازية مثل م ر ا ز.

فاذا صنعت مرآة مقعرة كبيرة الحجم قليلة التقعير لكي يكون مركزها بعيدًا ووضعت مقابل الشمس جمعت اشعة كثيرة الى بؤرتها الرئيسة. واذا وضعت اجسام في بؤرتها هذه فان كانت خشبًا احرقته او معدنًا ذوبته وربما صهرت بعض الصخور. روي ان الفيلسوف ارخميدس صنع مرآة مقعرة ووجهها نحو مراكب مرشلس وهو محارب سرقوسة حتى وقعت بؤرتها عليها فاحرقها. وقد تجمع عدة منها معًا بحيث تجتمع بؤرتها في بؤرة واحدة فتصهر اقوى المعادن احتمالًا للحرارة كالبلاتين صهرًا شديدًا سريعًا.

(٢٦٥) **البؤرة الاضافية والمنفرجة.** البؤرة الرئيسة هي ملتقى الاشعة المتوازية بعد انعكاسها عن مرآة مقعرة. وتكون تلك الاشعة متوازية اذا اتت من جسم لا نهاية لبعده او بعيد جدًا كالشمس. فاذا وقعت على مرآة مقعرة من جسم قريب ابعد عن المرآة من المركز فلا تكون متوازية بل تلتقي في بؤرة يتغير موقعها بحسب تغير موقع الشيء مقابل المرآة. وهذه البؤرة تسمى الاضافية لانها تكون بالاضافة (اي بالنسبة) الى موقع الشيء. واذا كانت اقرب الى المرآة من البؤرة الرئيسة انعكست منفرجة.

اذا كان موقع الجسم المنير عند ا (الشكل ١٥٢) اي ابعد من م مركز المرآة ك ل فبؤرة اشعته هي ا بين المركز والمرآة. واذا كان عند م اي في المركز بنفسه فبؤرة اشعته هي م ايضًا اي المركز. وان كان اقرب الى المرآة من مركزها فبؤرة اشعته وراء المركز ولا تزال بؤرة اشعته تبعد عن المركز كلما قرب من المرآة حتى اذا صار في البؤرة الرئيسة وانعكست

اشعته فى خطوط متوازية لـ ك ذ وك ذَ كما مرّ ولم تلتق فى بؤرة . واذا قرب الى المرآة اكثر من البؤرة الرئيسية انعكست اشعته منفرجة وابعد بعضها عن بعض كلما بعدت عن المرآة فلا تلتقى



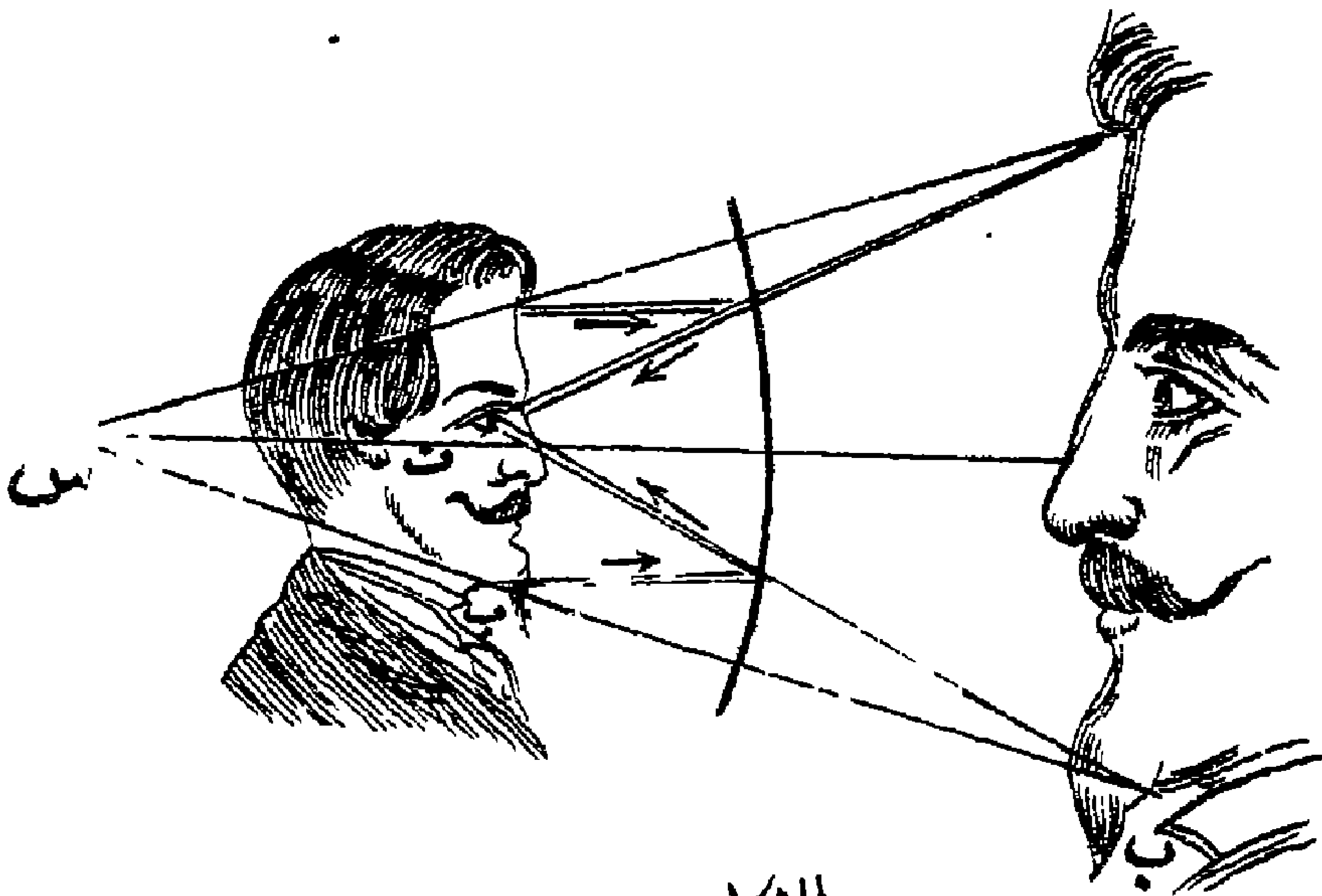
الشكل ١٥٢

البتة . كما لو وضع الشيء عند ز فاشعته تنعكس فى جهة الخطين المنفرجين ك د وكَ دَ الى ما لا نهاية له .

(٢٦٦) الصور بالمرايا المقعّرة . علّق مرآة مقعّرة بحائط وقف قبالتها بينها وبين بؤرتها الرئيسية فترى صورتك مقوّمة ومكبّرة وراءها .

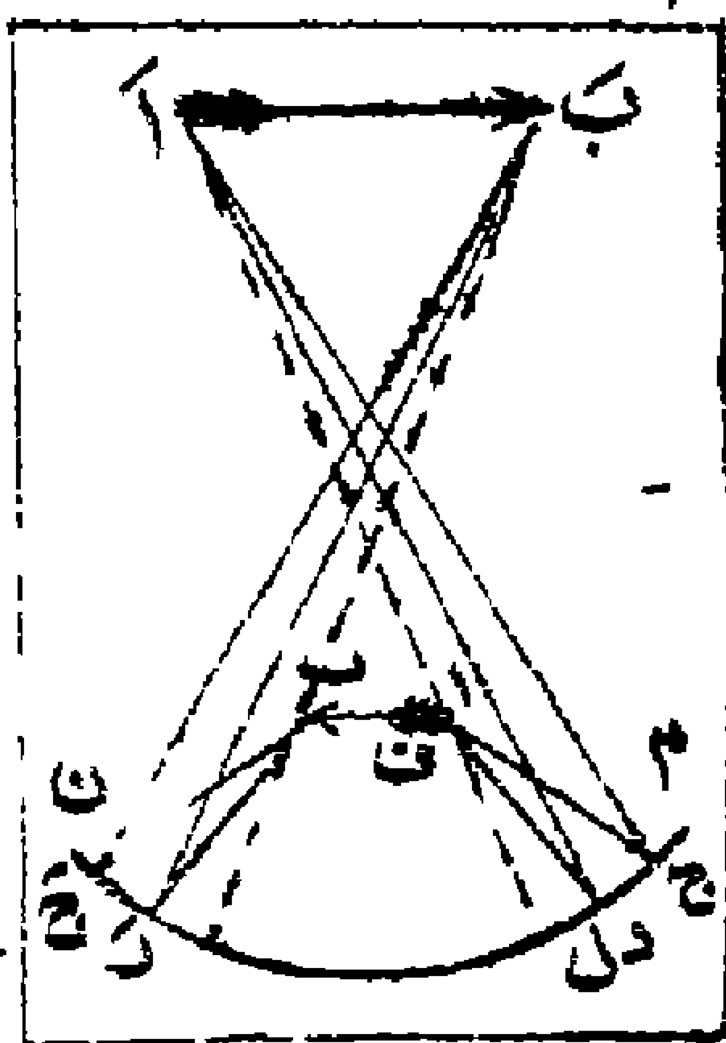
وذلك لان الاشعة التى تخرج مثلا من جبهتك (الشكل ١٥٣) تقع على المرآة وتنعكس عنها منفرجة كما تقدم فتراها العين آتية من ا فى الصورة وكذلك ترى اشعة الذقن آتية من ب . فتكون زاوية النظر التى تكونه عند العين اكبر من الزاوية ا س ب

ولذلك تظهر صورتك مكبرة (عد ٢٤٨) ثم ابعد عن المرآة رويدا فلا تزال صورتك تتعاظم ولكن حدودها تزيد خفاءً حتى تصل انت الى البؤرة الرئيسة فتختفى صورتك سريعًا. ومتى تجاوزت البؤرة الرئيسة وصرت بينها وبين مركز تقعير المرآة كما فى السهم ا ب (الشكل ١٥٤) ترى صورتك مكبّرة خلفك ومقلوبة مثل آ بَ. الّا ان قليلا من الاشعّة المتوازية يدخل عينك لو وضعت



الشكل ١٥٣

موضع السهم وبذلك ترى صورتك غير واضحة. ومتى صرت فى مركز التقعير د فلا ترى الا عينك لان صورتك تتكون حيث انت واقف فتنطبق عليك مقلوبة. ومتى تجاوزت مركز التقعير وصرت مكان آ بَ رايت صورتك مقلوبة صغيرة عند ا ب امام المرآة.



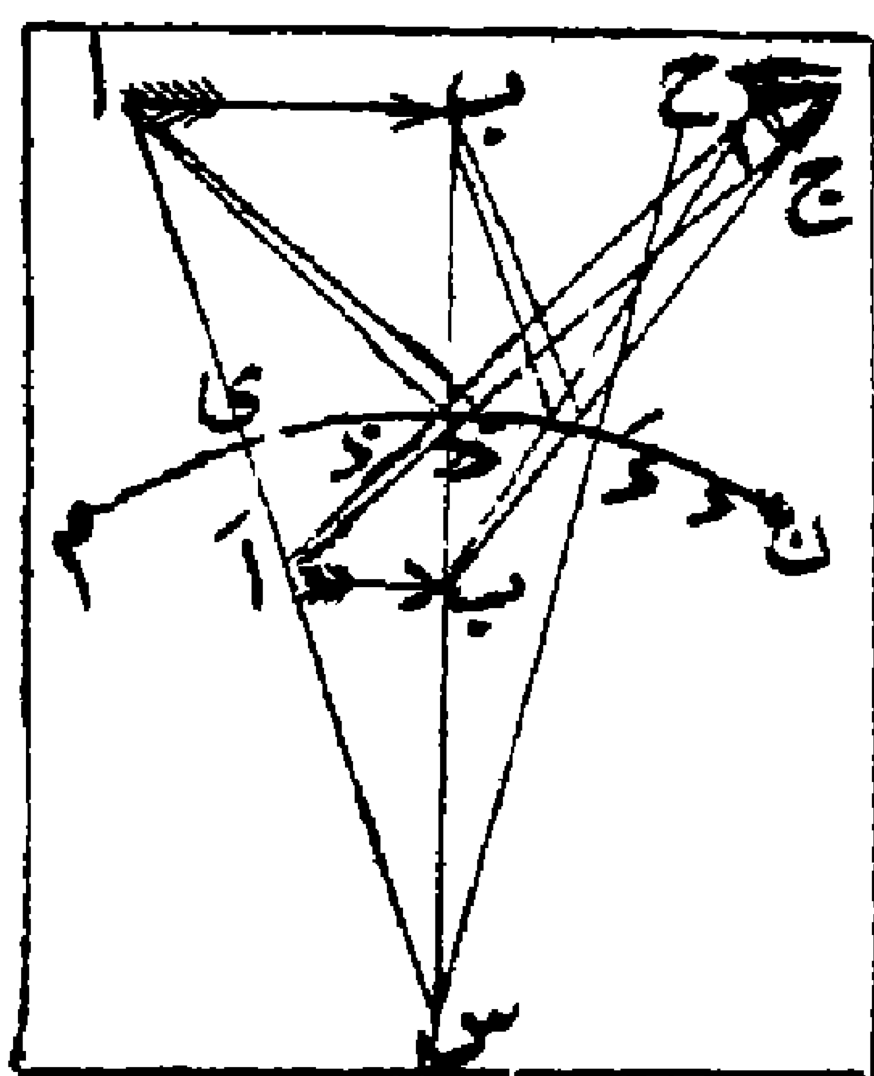
الشكل ١٥٤

اما سبب انقلابها فهو تقاطع الاشعة الآتية من الطرفين الى المرآة فينزل الاعلى بذلك الى الاسفل والاسفل الى الاعلى. واما سبب صغرها فهو صغر زاوية النظر. ويحسب مكان ا ب ومكان آ بَ بؤرتين اضافيتين لان كل واحدة منهما بؤرة للاخرى. ويتضح كل ما تقدّم من تتبع الشعاع المنعكس عن المرآة ومراعاة نسبتها الى محور المرآة.

(٢٦٧) البؤرة الوهمية والحقيقية. ظهر مما تقدّم ان صور الاشباح تارةً تظهر خلف المرآة المقعّرة وتارةً امامها. فاذا ظهرت خلفها فذلك لان الاشعة تنعكس عنها

الى العين ولا تنفذ المرآة فلا تلتقى فى بؤرة حقيقية ورائها الا ان الناظر يتوهم ان الاشعة تلتقى فى بؤرة خلف المرآة ولذلك تسمى النقطة التى يتوهم التقاء الاشعة فيها البؤرة الوهمية . واذا ظهرت الصور امام المرآة فذلك لان الاشعة انعكست عنها والتقت فى نقطة حقيقية امامها ولذلك تسمى هذه النقطة البؤرة الحقيقية وتسمى الصورة التى عندها الصورة الحقيقية (عد ٢٦٣) .

(٢٦٨) المرآة المحدبة . هذه عكس المقعرة فتفرق الاشعة المنعكسة عنها فتظهر الصورة خلفها واصغر من الشبح .



الشكل ١٥٥

ليكن م ن (الشكل ١٥٥) مرآة محدبة واب شبحاً مقابلها والعين عند ح حيث تستقبل الاشعة المنعكسة عن المرآة . فالشعاعتان اد اذ الواقعتان من طرف السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين فى جهة دج وذح فتحسبان آتيتين من آ خلف المرآة . والشعاعتان ب د ب ذ الواقعتان من راس السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين فى جهة دج وذح فتحسبان آتيتين من ب خلف المرآة . وتظهر صورة السهم اب مثل آب خلف المرآة واصغر منه . ويتضح لك نفس ما تقدم من الشكل ١٥٣ اذا عكسته فحسبت المرآة محدبة والشبح الوجه الكبير والصورة الوجه الصغير ولا تكون بؤرة المرآة المحدبة الا وهمية

٭ ٭ ٭ ٭
٭ ٭ ٭

الفصل الثالث

في انكسار النور

(٢٦٩) انكسار النور. يراد بانكسار النور انحرافه عن جهة مسيره اذا جاز من وسط شفاف الى آخر اكثف او الطف منه. فان اشعة النور اذا نفذت الهواء ووقعت على الماء مثلاً فبعضها ينعكس الينا فنرى به الماء والبعض الآخر ينفذ الماء فينكسر فيه اي ينحرف عن مسيره وفيه كلامنا الآن. وهذه بعض الامثلة عليه زيادة للايضاح.

(٢٧٠) امثلة انكسار النور. اذا وضعت ملعقة في كأس ماء رأيتها معوجة (الشكل ١٥٦) وهي لم تزل مستقيمة كما كانت. واذا نظرنا الى المجذاف في الماء رأيناه كأنه قد انكسر حيث يحيط به سطح الماء والسمك يظهر للناظر اقرب الى سطح الماء مما هو ولذلك ترى الذين يصطادونه بالحراب يضربونه بها عمودية والا يعمّقوا الضربة اكثر مما تقتضي تعميقها بالظاهر والماء يكون دائماً اعمق مما يظهر فاذا نظرت الى قعر اوملآنة ماء رأيت قعرها اقرب مما هو حقيقة. واذا وضعت درهماً في كأس وابعدت عنه قليلاً حتى لا تعود تراه

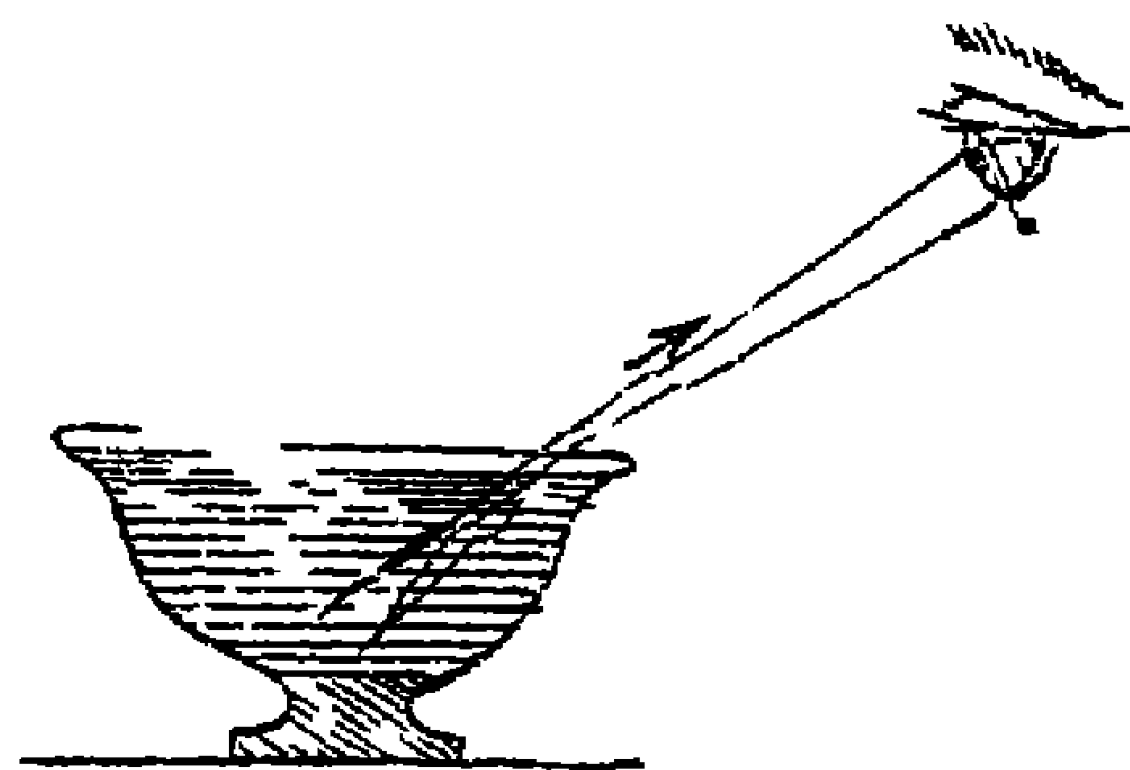


الشكل ١٥٦

ثم صببت ماء في الكأس ظهر لك الدرهم وانت في مكانك كما ترى في الشكل ١٥٧

فهذه كلها سببها انكسار اشعة النور.

وهذا الانكسار يمكن ان يشاهد اذا ملئ وعاء من الزجاج ماء ثم اغلقت كل الابواب والنوافذ ليظلم المحل الذي الوعاء فيه وادخلت الاشعة من ثقب الى الوعاء. فمتى نفذت الماء



الشكل ٥٧

تظهر انها قد انحرفت عن مسيرها الى جهة اخرى. ويستعان لايضاح ذلك بزيادة بأن يثار غبار دقيق في الهواء فيظهر الشعاع منكسرًا انكسارًا واضحًا.

ولايضاح الانكسار في الامثلة المتقدمة ليكن ل في الشكل ٥٨ جسما تحت الماء كالدينار او السمك او القعر وما اشبه ولتكن عين الناظر عند د. فعند ما يقع ضوء الشمس على وجه الماء ينفذ بعضه كما تقدم ويصيب ل ثم ينعكس عن ل الى كل الجهات ومتى وصل الى ا اي الى سطح الماء لا يبقى سائرًا على استقامته بل ينكسر ويسير في جهة د. وبما ان الناظر لا يرى الاجسام الا في جهة الشعاعة الاخيرة (عد ٢٥) يرى ل على استقامة ا د اي عند



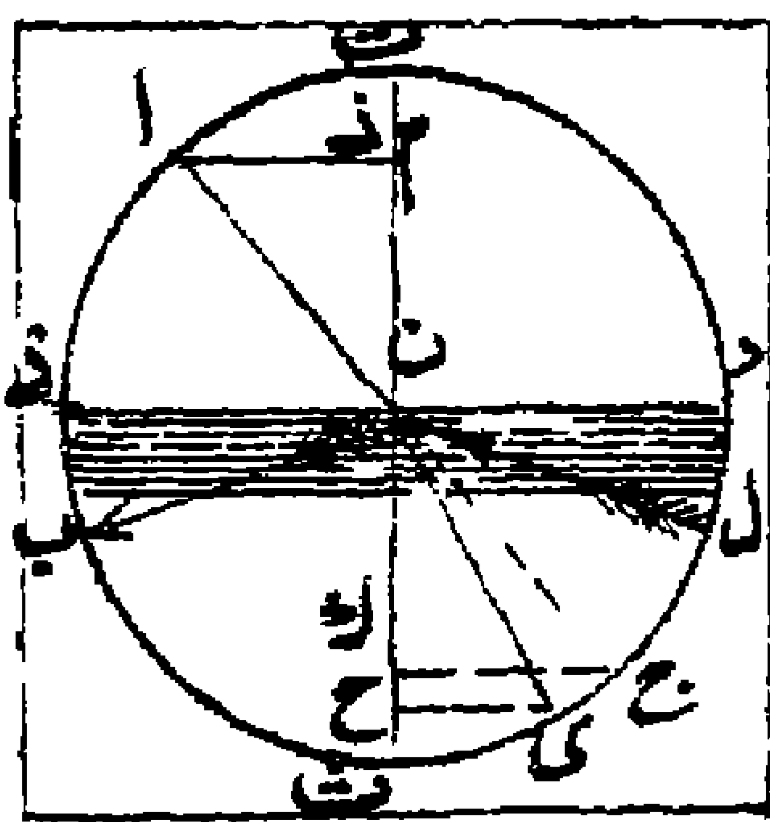
الشكل ٥٨

ل فيظهر ان ل قد ارتفع الى ل. ولذلك يظهر السمك وقعور الآنية اقرب مما هي ويظهر المجذاف معوجًا لان ما يكون منه تحت الماء يعلو بالانكسار وما فوق الماء يبقى مكانه فكانه قد انكسر فاعوج فهما مر نستخلص ناموسين للانكسار.

(٢٧) ناموسا الانكسار. الاول. اذا جازت شعاعة النور من وسط اكثف الى وسط الطف انكسرت عن الخط العمودي المرسوم على هذا الوسط عند التقاء الشعاعة بسطحه. والثاني اذا سارت الشعاعة من وسط الطف الى وسط اكثف انكسرت نحو الخط العمودي المذكور.

ويتضح هذان الناموسان من تتبع اشعة النور في دخولها الزجاج وخروجها كما سترى .

(٢٧٢) الانكسار الكلي * اذا نظرنا الى بركة ماء نظراً منحرفاً جداً كما لو قربنا وجوهنا حتى تكاد تمس الارض فلا نرى قعر البركة وجوانبها لان اشعة نور الشمس التي تصيب قعرها وجوانبها وتنعكس عنها لا تخرج المنعكسة كلها الى ما فوق الماء منكسرة في الهواء بل تنعكس بعضها عن وجهه راجعة الى القعر والجوانب بانعكاسها عن الوجه بموجب ناموس الانعكاس وهو ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان . وذلك يحصل متى كانت اشعة الخارجة بينها وبين العمودي النازل من وجه الماء عند ملتقاها به زاوية اعظم من ٤٨ ½ ونحن لا يتيسر لنا ان نرى القعر والجوانب الا بالشعاع الخارجة منها فلذلك تختفي اذا قربنا النظر الى وجه الماء . واذا وضعنا ماء في كأس من الزجاج ونظرنا اليه من اسفل الكأس رأينا سطحه لامعاً كالفضة . وما ذلك الا لان الاشعة التي تنعكس عن قعر الكأس تقع على وجه الماء ثم تنعكس عنه وترجع الى القعر فنرى سطح الماء لامعاً .

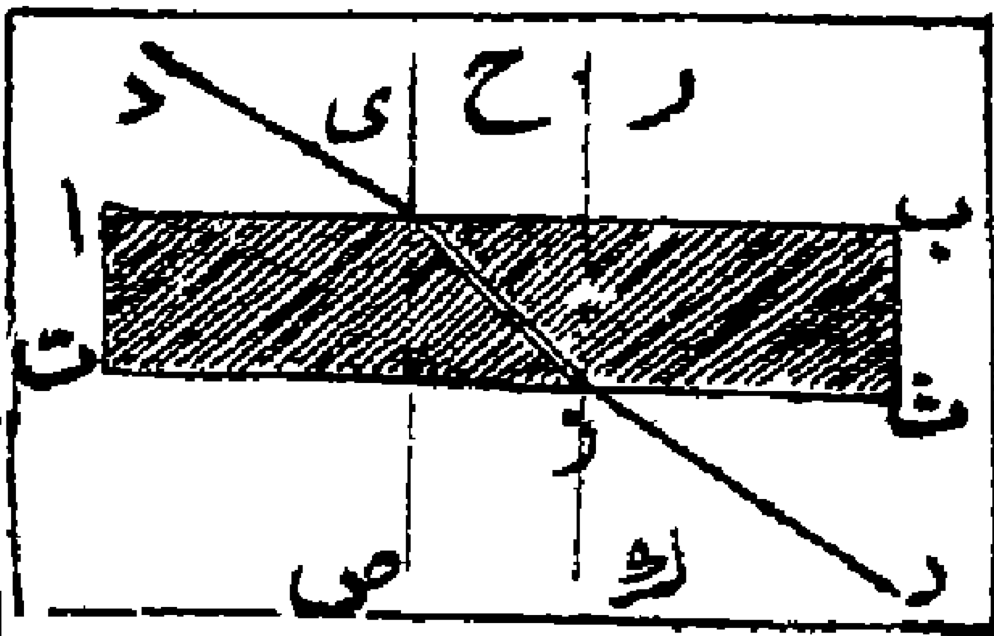


الشكل ١٥٩

ويتضح ذلك من الشكل ١٥٩ فاذا فرض ذ ن د سطح الماء فالشعاع ل ن مع فرض زاوية ل ن ت فوق ٤٨ ½ لا ينفذ الماء بعد ما تصيب سطحه عند ن بل تنعكس عنه الى ب في جهة السهم ن ب . وتسمى زاوية ٤٨ ½ زاوية الانكسار الكلي لان انكسار اشعة القعر والجوانب كلا ضمن هذه الزاوية والشعاع ل ن قد فرضت خارجة عنها .

(٢٧٣) انكسار النور في الزجاج * يقسم الزجاج باعتبار اشكاله وانكسار النور فيها الى قسمين ما تحيطه سطوح مستوية وما تحيطه سطوح منحنية . فالاول له اشكال شتى كالمتوازي السطوح والمضاعف السطوح والمنشور المثلث

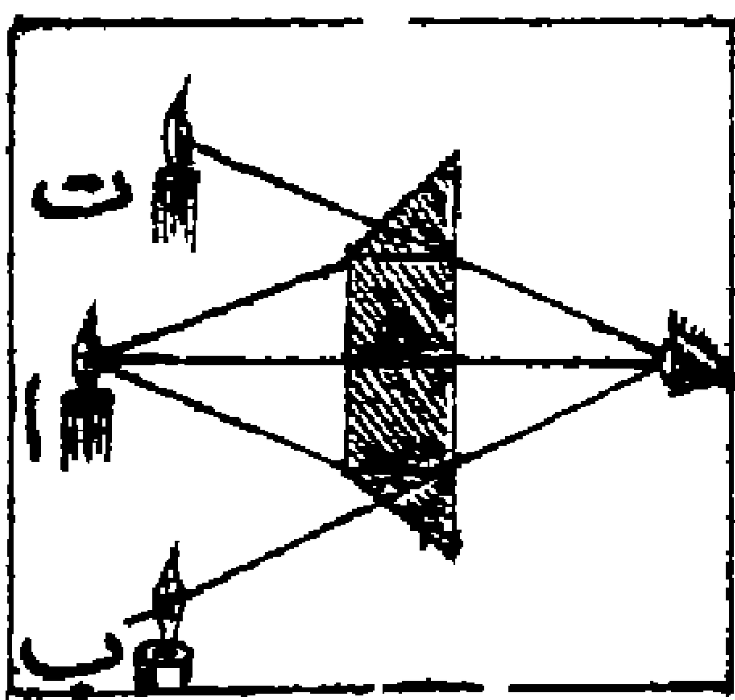
والثاني له ستة اشكال يقال لها عدسيات وسيأتي الكلام عليها.



الشكل ١٦٠

اما المتوازي السطوح فهو ما تحده سطوح مستوية متوازية كلوح الزجاج فيكسر النور فيه على ما يأتي: ليكن اب ت ث (الشكل ١٦٠) لوحا من الزجاج و ا ب و ت ث سطحين متقابلين من سطوحه ولنفرض ان شعاعة وقعت من د على ى في السطح اب ولنرسم خطا عموديا ح ى ص حتى يمر في النقطة ى التي تقع عليها الشعاعة د ى. ففي نفوذ هذه الشعاعة للوح الزجاج تكون قد مرت من وسط لطيف هو الهواء الى وسط كثيف هو الزجاج فتنكسر فيه عن استقامتها نحو الخط العمودي ح ى ص حسب الناموس الثاني (عد ٢٧١) وتذهب في جهة ى ز ارسم خطا عموديا على ز هو ك ز ر فعند نفوذ الشعاعة من السطح ث ت الذي هو وسط كثيف الى الهواء الذي هو وسط الطف منه تنكسر عن الخط العمودي حسب الناموس الاول. واذا وقعت الشعاعة عمودية على اللوح نفذته ولم تنكسر لانها تسير في جهة الخط العمودي. ولذلك لا يكون انكسار في الاشعة التي تقع عمودية على الوسط.

اما المضاعف السطوح فهو ما كان له سطوح عديدة مائل بعضها على بعض كما ترى في الشكل ١٦١ فاذا وضع وراءه مصباح ا فالاشعة التي تقع عمودية عليه تنفذه فتراه العين بمكانه واما الاشعة التي تقع على سطوحه المائلة فتنكسر نحو العمودي فتراه العين في جهاتها الاخيرة. ولذلك ترى المصباح الواحد مصابيح عديدة مثل ت ا ب. ويزيد عدد المصابيح بزيادة السطوح كما يشاهد في بلورة من بلور الثريات.

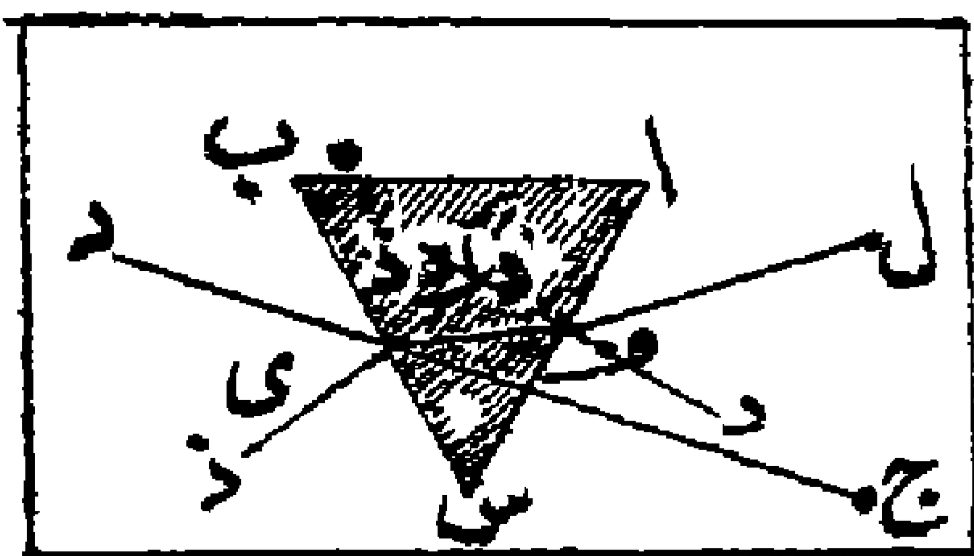


الشكل ١٦١

(٢٧٢) المنشور وسير النور فيه * المنشور او الموشور في البصريات كل جسم شفاف ذي جانبين مستويين احدهما مائل على الآخر وقاعدة بينهما. وهو كثير الاستعمال في البصريات وعلم الهيئة وعلى الخصوص لانه يحل النور الى الوانه التي يتركب منها. اما

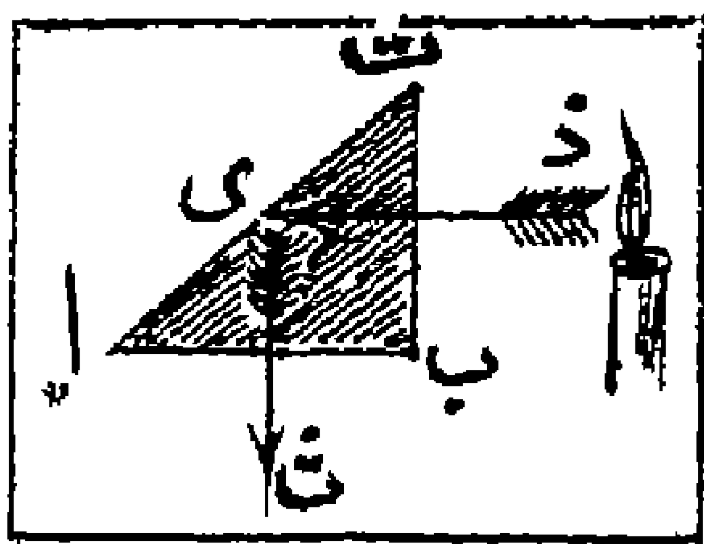
انكسار النور فيه مثل انكساره في لوح الزجاج اي انه ينكسر في دخوله اليه وخروجه منه ولكن الانكسار يكون به الى جهة واحدة في الحالين ولذلك يرى الاجسام في غير مكانها ·

وايضاحًا لذلك ليكن اس ب (الشكل ١٦٢) قطع منشور قطعاً عموديًا عرضيًا ول مصباحًا قد وقعت شعاعه على ف من الجانب اس · وليرسم ذ ف ك عموديًا على ف فالشعاع تنكسر نحو ك لان هذا الوسط اكثف من الهواء ولذلك تسير في الخط ف ى لا ف م · ثم تخرج من ى الى الهواء



الشكل ١٦٢

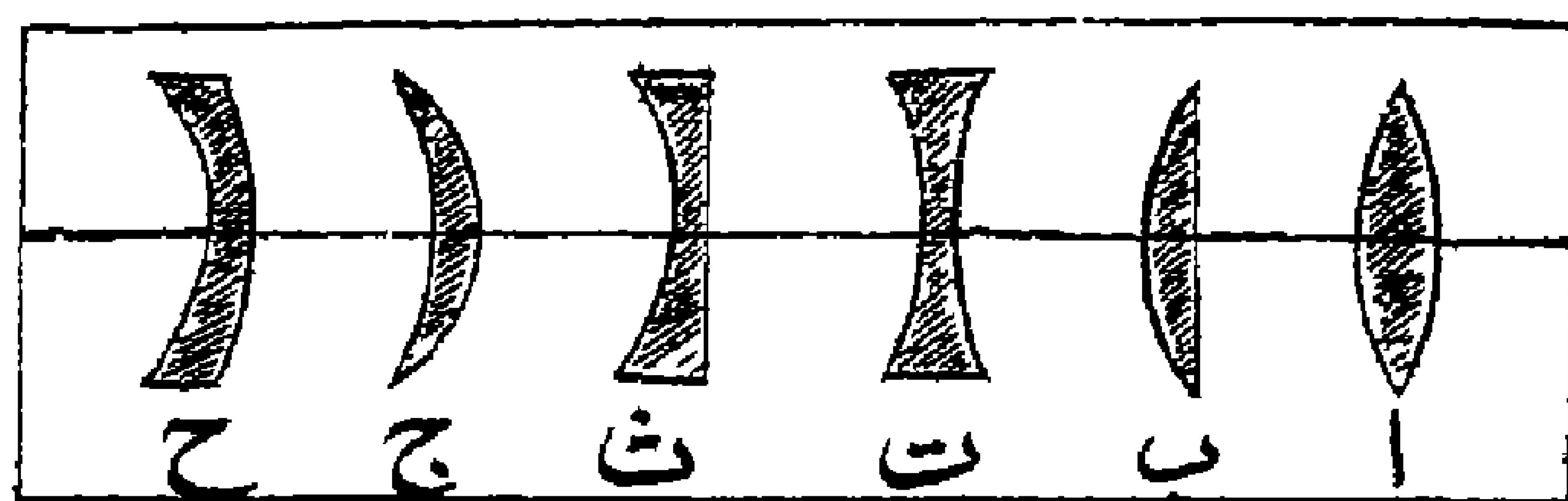
فتنكسر عن العمودي ذى ك (لان الهواء الطف من الزجاج) حتى تصل الى العين عند د فترى العين المصباح في جهة الاشعة الواصلة اليها اي د ى ج · فيكون المصباح قد انخفض من ل الى ج اي ان الاشعة تنعكس بالموشور انعكاستين الى جهة واحدة فيرى الجسم بها منحرفًا دائمًا نحو حدّه (وهو الخط الذي يلتقي جانباه فيه) ولذلك اذا قلبنا الموشور اس ب حتى تصير قاعدته اب الى الاسفل وحدّه س الى الاعلى ترتفع صورة المصباح لانها تنحرف نحو الحدّ دائمًا ·



الشكل ١٦٣

ويستعمل المنشور ايضًا لعكس النور عوضًا عن المرايا وذلك اذا كان قائم الزاوية متساوي الساقين كما ترى في الشكل ١٦٣ فالمصباح ذ يقع عموديًا على الجانب ب ث وينفذه حتى يصيب القاعدة ث ا عند ى مائلًا عليها فينعكس عنها الى ت فتراه العين من هناك ·

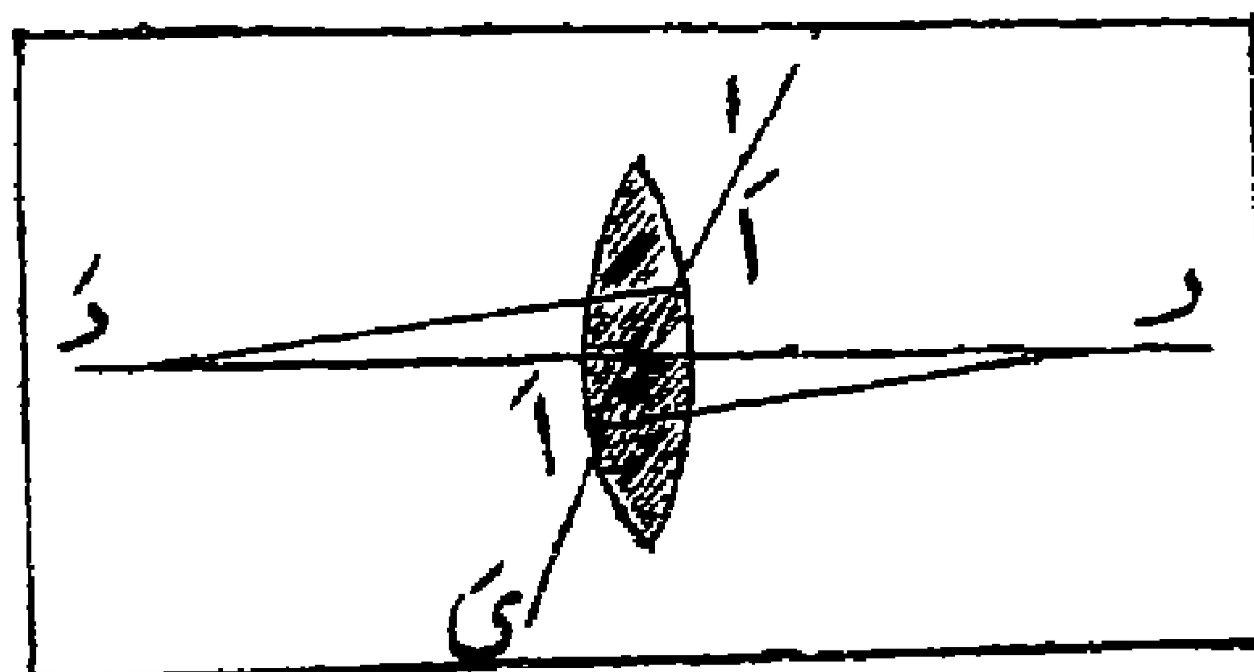
(٢٧٥) العدسيّات · العدسيّة في اصل الاصطلاح بلّورة بشكل العدسة ثم توسّعوا فيها فاطلقوها على كل جسم شفّاف له سطح واحد منحنٍ على الاقلّ · والعدسيات قسمان محدّبة ومقعّرة وكلّها تندرج تحت ستّة اشكال مزدوجة التحديب ا (الشكل ١٦٤) ومفردة التحديب ب ومزدوجة التقعير ت مفردة التقعير ث هلالية مقعّرة محدّبة ح · فالاولى والثانية والخامسة تضمّ اشعة النور والبواقي تفرّجها · ونقتصر في التكلم عنها على المزدوجة التحديب



الشكل ١٦٤

والمزدوجة التقعير لان الاولى تنوب مناب الثانية والخامسة والثالثة مناب الاثنين الباقيتين ٠

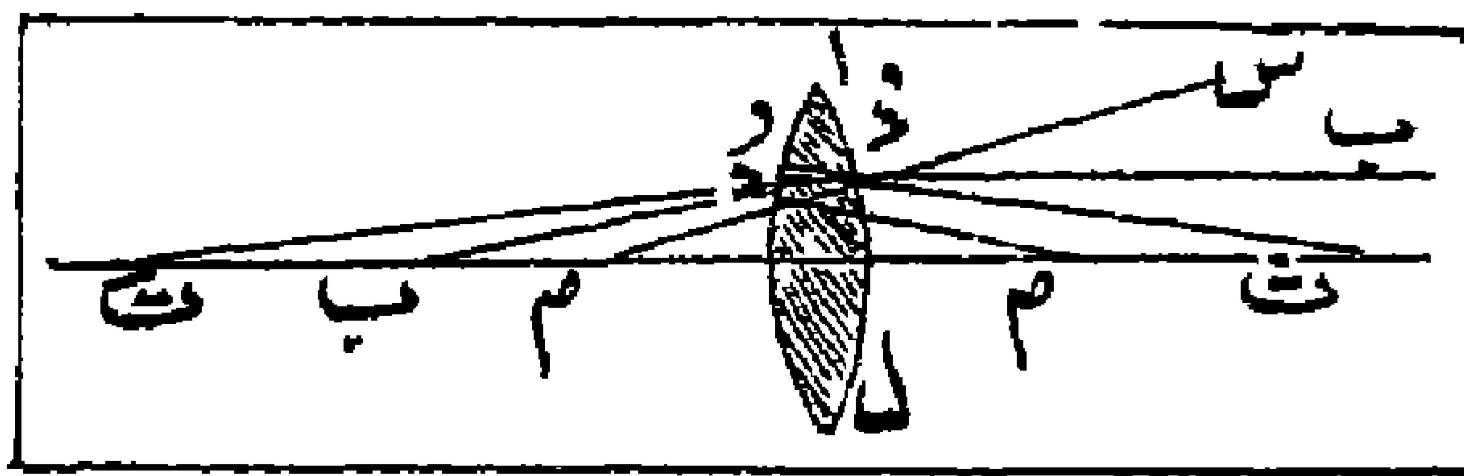
(٢٧٦) المحور الرئيسى ٭ قبل الكلام عن الانكسار فى العدسيات نقول ان سطحى العدسية المزدوجة التحديب قسمان من سطحى كرتين يتقاطعان نقطة السطح الواحد الوسطى ونقطة الآخر الوسطى هما قطبا العدسية ومنتصف الخط المستقيم بين القطبين مركزها ويدل على سطحيها بقوسى السطح الذى يقطعها مارًّا بقطبيها ومركزها انظر الشكل ١٦٥ فان جانب العدسية ا قسم من سطح كرة مركزها عند رَ وجانبها اَ قسم من سطح كرة اخرى مركزها عند ر ٠ ويسمى هذان المركزان مركز التقعير ويسمى الخط المستقيم ر رَ الموصل بينهما المحور الرئيسى ولا شك ان وقوع النور عليها من الهواء يجرى على ناموسى الانكسار (عدد ٢٧٠) وهما ان الاشعة بدخولها فيها تميل نحو خط عمودى فى نقطة الوقوع وبخروجها منها عن عمودى فى نقطة الخروج ٠ فاذا وقعت الاشعة ى ا عليها عند ا تميل او تنكسر نحو العمودى ا ر وبخروجها عند نقطة اَ تميل عن خط عمودى يخرج على استقامة ر اَ ٠ وهكذا فى سائر العدسيات ٠ وقد حكمنا ان ا ر عمودى على السطح او الخط المخرج من ر اَ عمودى على السطح اَ لان كل نصف قطر لاى كرة كانت عمودىٌّ على تقعير سطحها او تحديبه وذلك لا اشكال فيه عند من له اطلاع على الهندسة ٠



الشكل ١٦٥

(٢٧٧) الانكسار بالعدسية المزدوجة التحديب * اولا. اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديب وكانت موازية لمحور العدسية الرئيسى نفذتها وانضمت الى بؤرتها الرئيسية. وبالعكس اذا وضع ضوء فى البؤرة الرئيسة لعدسية مزدوجة التحديب فاشعته تخرج منها موازية لمحورها الرئيسى.

لتكن ال (الشكل ١٦٦) عدسية مزدوجة التحديب ولتقع الاشعة عليها موازية لمحورها الرئيسى ت ت كالشعاعة ب ذ فهذه تنكسر فى نفوذها لها بحيث تخرج فى جهة د ب وتلاقى المحور عند البؤرة الرئيسة ب وهكذا يقال فى كل الاشعة التى تقع على العدسية ال موازية لمحورها ب ت. وواضح ايضا انه اذا وضع ضوء فى البؤرة الرئيسة ب فاشعته كالشعاعة ب د تنكسر



الشكل ١٦٦

بالعدسية ال حتى تخرج منها فى جهة ذ ب اعنى انها تخرج موازية لمحورها الرئيسى.

ثانيا. اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديب خارجة من نقطة ابعد من البؤرة الرئيسة عنها انكسر بالعدسية وتخرج منها منضمة نحو نقطة تسمى البؤرة المنضمة وهذه البؤرة تبتعد عن العدسية كلما قرب الجسم المنير من البؤرة الرئيسة.

ليكن الجسم المنير عند ت (الشكل ١٦٦) فالاشعة التى تقع منه على العدسية ال كالشعاعة ت ذ وتنكسر فيها وتخرج منها فى جهة ذ ت فتلاقى المحور الرئيسى فى البؤرة المنضمة ت. وهكذا يقال فى كل شعاعة تخرج من ت على جانبى المحور الرئيسى ت ت وتنفذ العدسية فانها كلها تنضم وتلتقى فى ت.

ثالثا. اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديب خارجة من نقطة بين البؤرة الرئيسة وبين العدسية نفذتها منفرجة وكونت

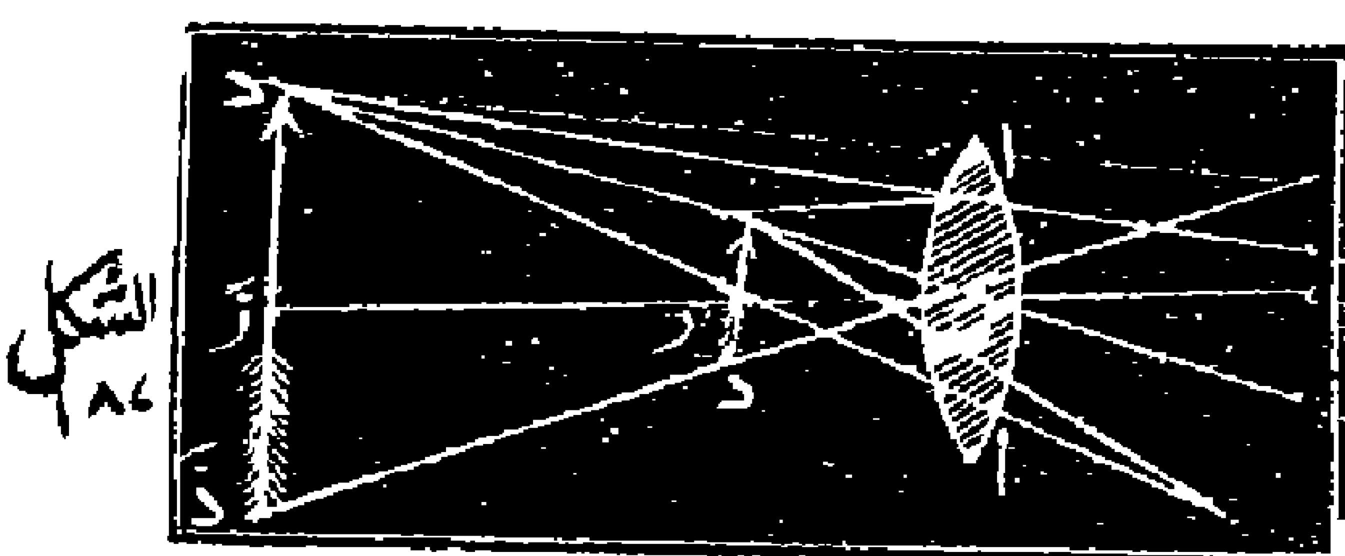
بؤرة وهمية على الجانب الذى يكون الجسم المنير عليه ٠

ليكن الجسم المنير عند م د الشكل ١٦٦ فالاشعة التى تقع منه على العدسية ا ل كالشعاعة م د تنكسر فيه فتنفذه منفرجة كما ترى فى ذ س وهكذا يقال فى جميع الاشعة الخارجة من م على جانبى المحور ت ٠ فلو اخرجت الشعاعة ذ س من ذ راجعة على استقامتها وكذلك بقية الاشعة التى مثلها لالتقت كلها فى بؤرة وهمية وراء م ٠

ويتضح كل ما تقدم عن الانكسار بهذه العدسية من رسوم خط عمودى على ملتقى كل شعاعة وسطح العدسية من مركز ذلك السطح ٠ ثم ان كانت الشعاعة داخلة الى العدسية كسرت نحو الخط العمودى وان كانت خارجة منها كسرت عنه فتتبع الخطوط المرسومة فى الشكل يظهر ما تقدم جليًا ٠ وفهمه ضرورى لمعرفة تكوّن الصور بالعدسية المحدبة ٠

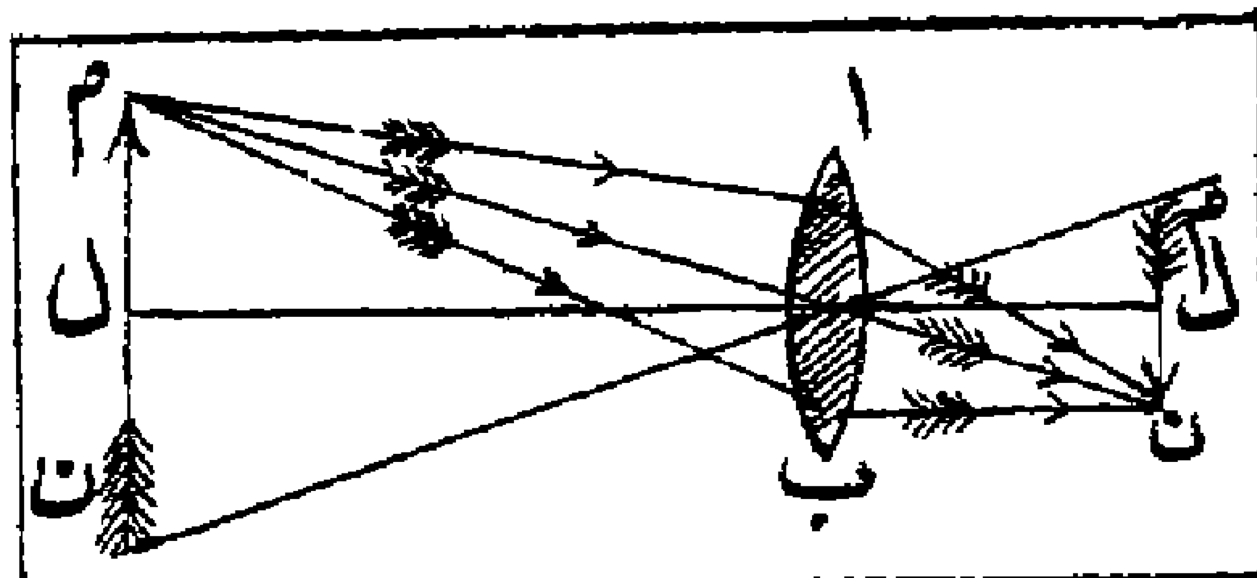
(٢٧٨) الصور بالعدسية المزدوجة التحديب ٭ اذا وضع شيء امام عدسية مزدوجة التحديب صورت له صورة تختلف فى حجمها وكيفية وضعها باختلاف وضعه امام العدسية كما فى المرآة المقعرة ٠

فاذا كان الشيء اقرب من البؤرة الرئيسة الى العدسية بقيت صورته مقومة ولكن حجمها ١١ لان اشعته تنفرج بعد نفوذها ليكن (الشكل ١٦٧) العدسية و د ذ شيء امامها فالاشعة الواقعة عليها من د تنفرج بالانكسار نحو المحور الرئيسى د ل وكذلك الاشعة


الشكل ٨٧

الواقعة عليها من ذ ٠ وهذه الاشعة لو اخرجت على استقامتها بعد انكسارها لظهرت الآتية من د آتية من دَ والآتية من ذ آتية من ذَ فنظهر صورة الشيء كبيرة مثل دَ ذَ وهى صورة وهمية لا حقيقية ٠

واذا كان الشيء ابعد من البؤرة الرئيسة عن العدسية ظهرت صورته مقلوبة وصغيرة الحجم ليكن م ن (الشكل ١٦٨) شيئًا ابعد عن العدسية ا ب من بؤرتها الرئيسة فالاشعة التى تأتى من رأسه م تجتمع عند نَ بعد نفوذها العدسية ٠ والتى تأتى من ن عند مَ ٠ واما التى تأتى من ل فتقع عند لَ و

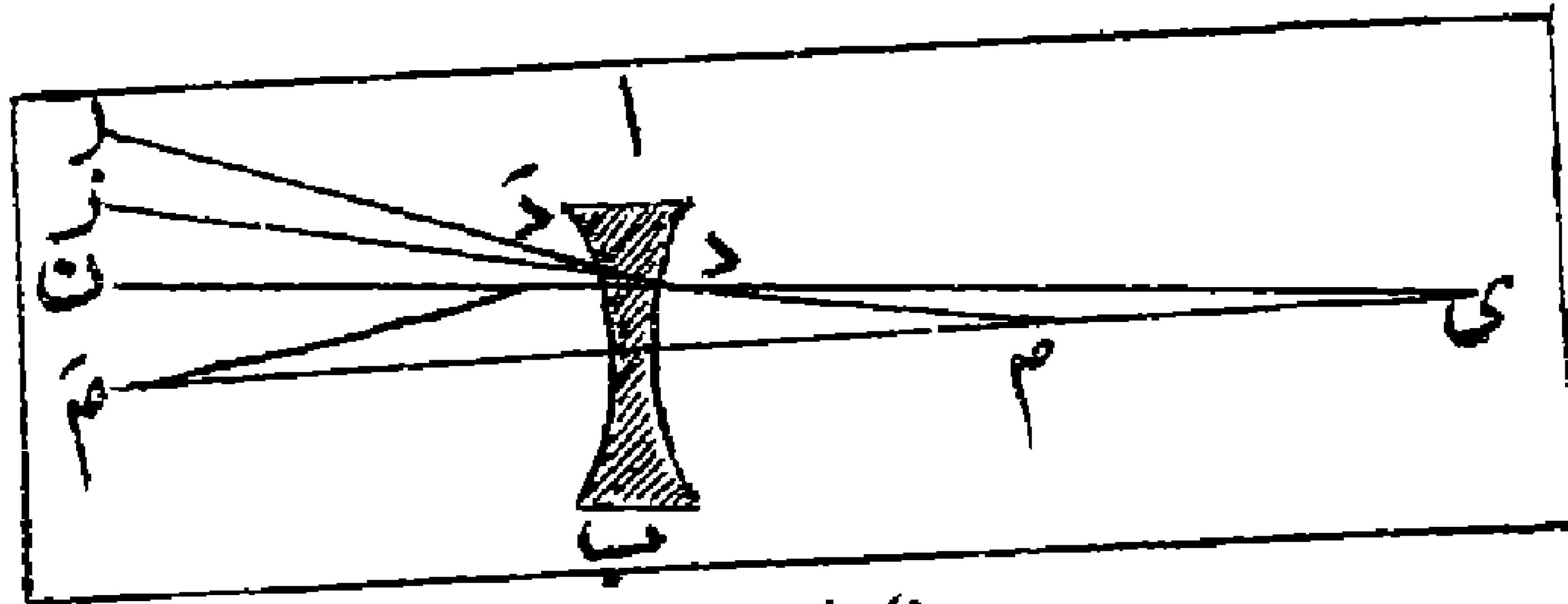


الشكل ١٦٨

لا تنكسر لانها تقع عمودية على العدسية. ولذلك تظهر صورة الشبح من صغيرة ومقلوبة مثل م َن َ. هذا اذا كان الشبح من عظيم البعد عن البؤرة الرئيسة للعدسية كما هو فى الرسم ولكن اذا قُرّب الى البؤرة الرئيسة شيئا فشيئا تكبر صورته حتى تساويه مقدارا ثم تعظم الصورة عن الشبح كما اذا وضع الشبح مكان الصورة م َن َ فحينئذٍ تكون الصورة مكانه وتزداد الصورة مقدارا بتقريب الشبح الى ان يصل الى البؤرة الرئيسة وحينئذٍ تضمحل الصورة اذ تخرج الشعاع متوازية.

ويتضح كل ذلك من النظر الى الكتابة من وراء عدسية محدبة فانه اذا قُرّبت الكتابة الى العدسية حتى تصير اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة ظهرت الحروف كبيرة ثم اذا أُبعدت عنها اختفت شيئا فشيئا حتى اذا صارت فى البؤرة الرئيسة اختفت تماما لان اشعتها تخرج متوازية فلا ترسم صورة ثم اذا صارت ابعد من البؤرة الرئيسة ظهرت ثانية ولكن صغيرة مقلوبة.

(٢٧٩) الانكسار بالعدسية المزدوجة التقعير. هذه تكسر النور عكس ما تكسره المزدوجة التحديب فانها تفرج الاشعة بعد تكسيرها لانها تكسر الاشعة مرتين الى جهة واحدة ولا تجمعها الى نقطة واحدة كالمزدوجة التحديب بل تكسرها الى جهات شتى فتفرقها كما ترى فى الشكل ١٢٩

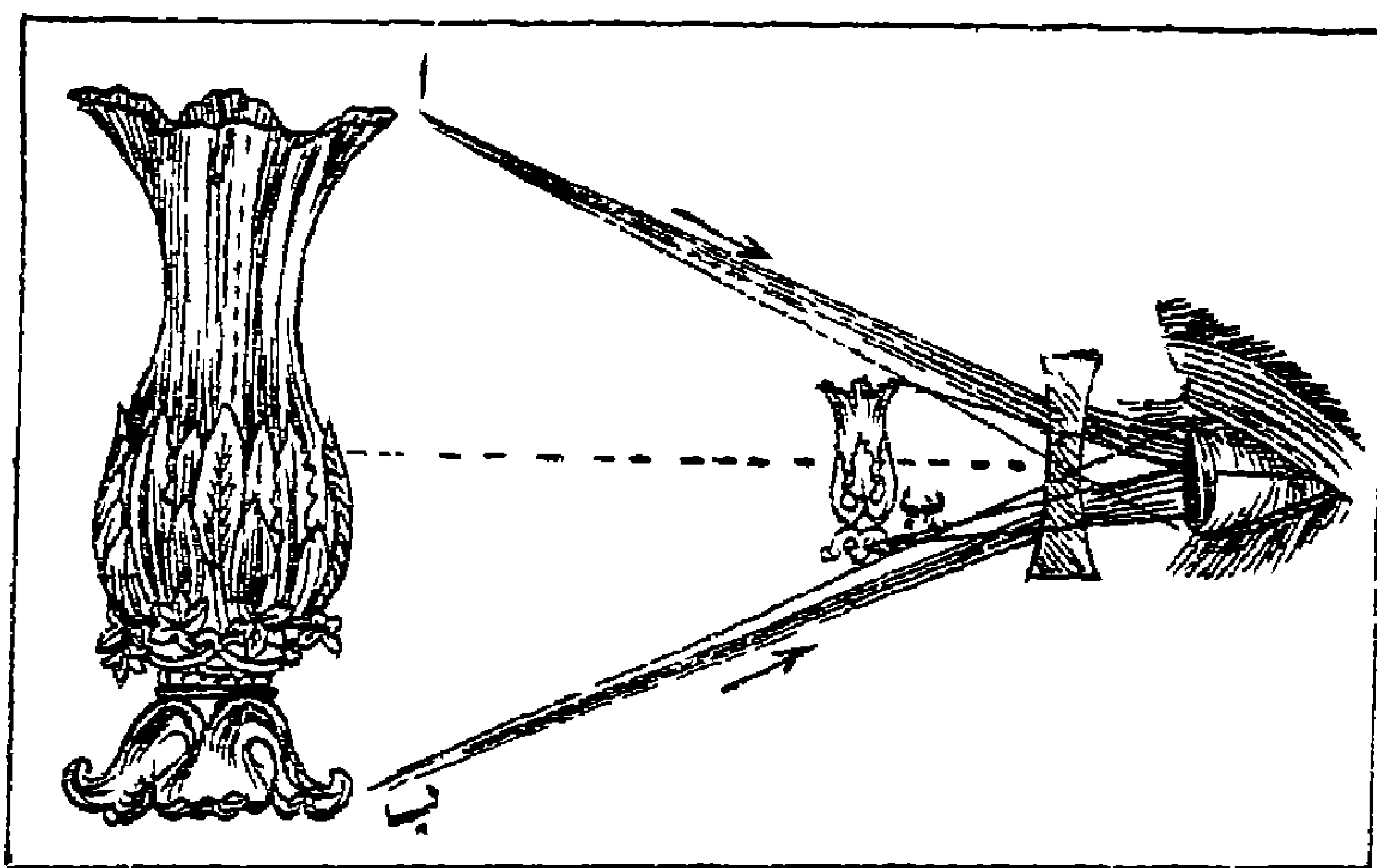


الشكل ١٢٩

فاذا وقعت الشعاعة ى د على العدسية المزدوجة التقعير ا ب انكسرت فيها وانحرفت نحو الخط العمودى م د فلا تذهب فى جهة د ن بل فى جهة د د َ ومتى خرجت من العدسية انكسرت عن العمودى م َ د َ فلا تذهب فى جهة د َ ز بل فى جهة د َ ر فتكون نتيجة الانكسارين ان الشعاعة تزيد انفراجا.

(٢٨٠) الصور بالعدسية المزدوجة التقعير. تظهر الصور بالعدسية المزدوجة التقعير اصغر من اشباحها وغير مقلوبة. فاذا نظرت العين الكاس

اب (الشكل ١٧٠) بعدسية مقعرة رأتها مقومة صغيرة مثل آب. اي ان هذه العدسية تعمل بالانكسار عمل المرآة المحدبة بالانعكاس. اما سبب صغر الصورة عن الشبح فهو ان زاوية النظر تصغر بعد انكسار الاشعة وانفراجها واما سبب بقائها على وضعها المقوم فهو ان الاشعة تنفذ العدسية ولا تتقاطع فلا تنقلب. وكل ذلك يتضح بامعان النظر في الشكل.



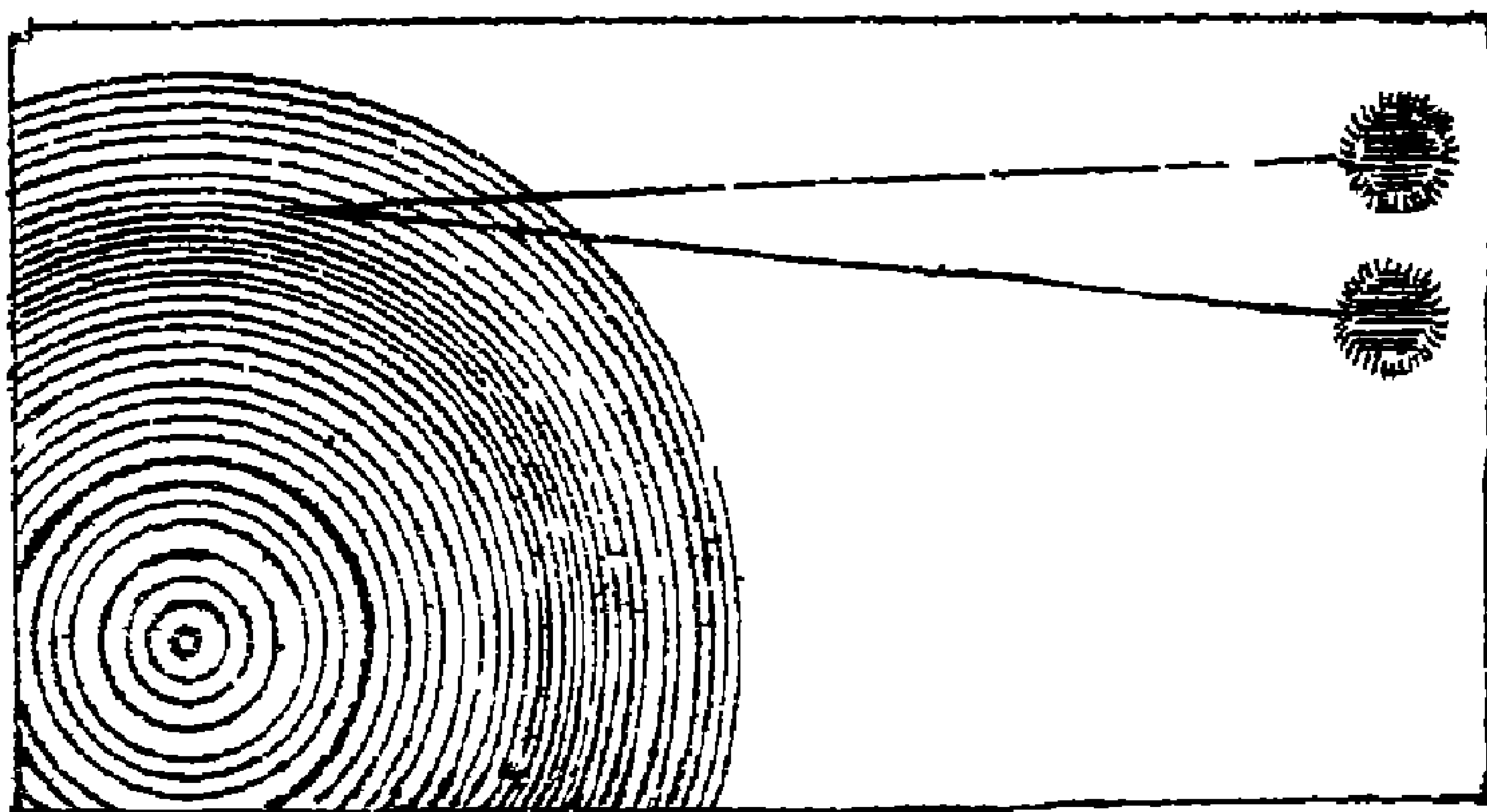
الشكل ١٧٠

(٢٨١) منافع العدسيات ۞ اولاً انكسار الحرارة. فاذا وقعت اشعة الشمس على عدسية محدبة لم يجتمع نورها فقط في بؤرتها الرئيسية بل حرارتها ايضا ولذلك اذا وضعنا خشبة او جوخا اسود او ما اشبه من المواد القابلة الاحتراق في تلك البؤرة احترقت. واذا كانت العدسية كبيرة فربما صهرت المعادن ايضا. وكثيرا ما يأتي عن العدسية ضرر بغير قصد كان يكون في بيت زجاجة مستديرة مملوءة ماء فتقع اشعة الشمس عليها وتجتمع كما تجتمع بعد نفوذها العدسية المحدبة فتحرق ما تجتمع عليه. فقد ذكر اكثر من مرة ان بعض الامتعة احترق من وقوع ضوء الشمس عليه بعد مروره في نارجيلة من زجاج. وقد يحترق النبات بسبب ما يجتمع عليه من الندى. فان الندى يجتمع نقطا مستديرة تضم ضوء الشمس كما تضمه العدسية المحدبة. فاذا اشتد حرها احرقت النبات او يبّسته.

ثانيا المنائر. ومن منافع العدسيات استعمالها في المنائر لارسال الضوء الى ابعاد شاسعة

وكانوا قديماً يوقدون الحطب في المنائر ليهتدي الملاحون. ثم استبدلوه بمصابيح الزيت يضعونها في البؤرة الرئيسة لمرآة مقعرة فتنعكس نورها في شعاع متوازية الى بعد عظيم. ثم زادوا ذلك تحسيناً باستعمال النور الكهربائي في بؤرة عدسية كبيرة مفردة التحديب حولها عدسيات من البلور مفردة التحديب ايضاً وموضوعة بحيث تكون بؤرة العدسية بؤرة كل منها فتبعث النور مسافات شاسعة جداً وترشده الى جهات مخصوصة. وللعدسيات منافع عديدة في الآلات البصرية سيأتي الكلام عليها في محله.

(۲۸۲) الفجر والشفق * الفجر اضاءة الجلد من الشرق قبل شروق الشمس والشفق اضاءته من الغرب بعد غروبها وكلاهما حاصل عن انكسار ضوء الشمس وانعكاسه في الهواء من طبقة الى اخرى فلولا الهواء لاستولى الظلام حال غروب الشمس ولم نعلم بقدوم الصباح الا حال شروقها.



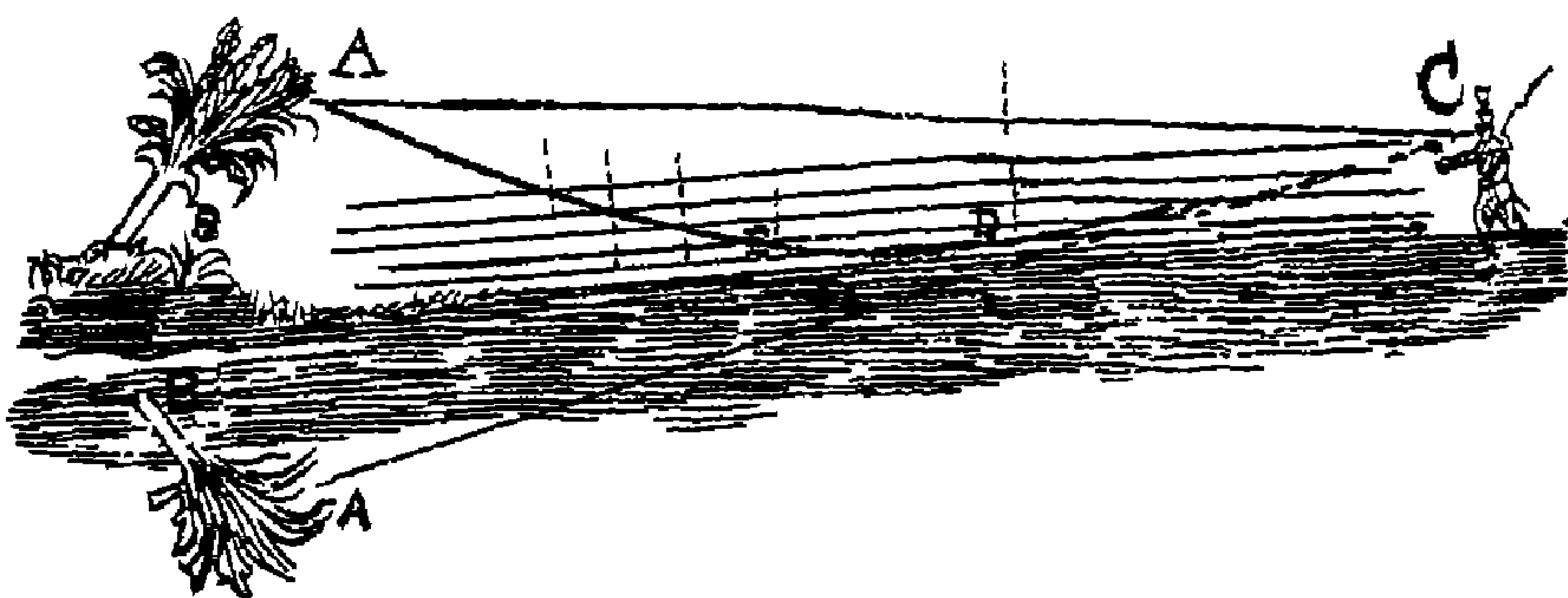
الشكل ۱۷۱

ولما كان نور الشمس ينكسر في نفوذه الهواء يظهر انه آتٍ من مصدر اعلى من مصدره ولذلك نرى الشمس تشرق قبل شروقها وتغرب بعد غروبها كما يتضح من الشكل ۱۷۱.

(۲۸۳) السَّراب * السراب ظاهرة هوائية بها يرى الانسان للاشباح صوراً مقلوبة في الارض كأنها منعكسة عن الماء وللسفن البعيدة صوراً مقلوبة في الهواء او مقومة وقد يكون سبب عناء عظيم لجائب الفلاة وذوي البقاع الحارة في مصر وسورية وغيرهما لانه اذا رآه عن بعد وقد اشتد به الظمأ توهمه ماء فيطلبه ليروي به ظمأه فاذا بلغ المكان الذي رآه فيه وجده قد تباعد عنه وبقي امامه على وجه الرمال ولذلك قال الشاعر

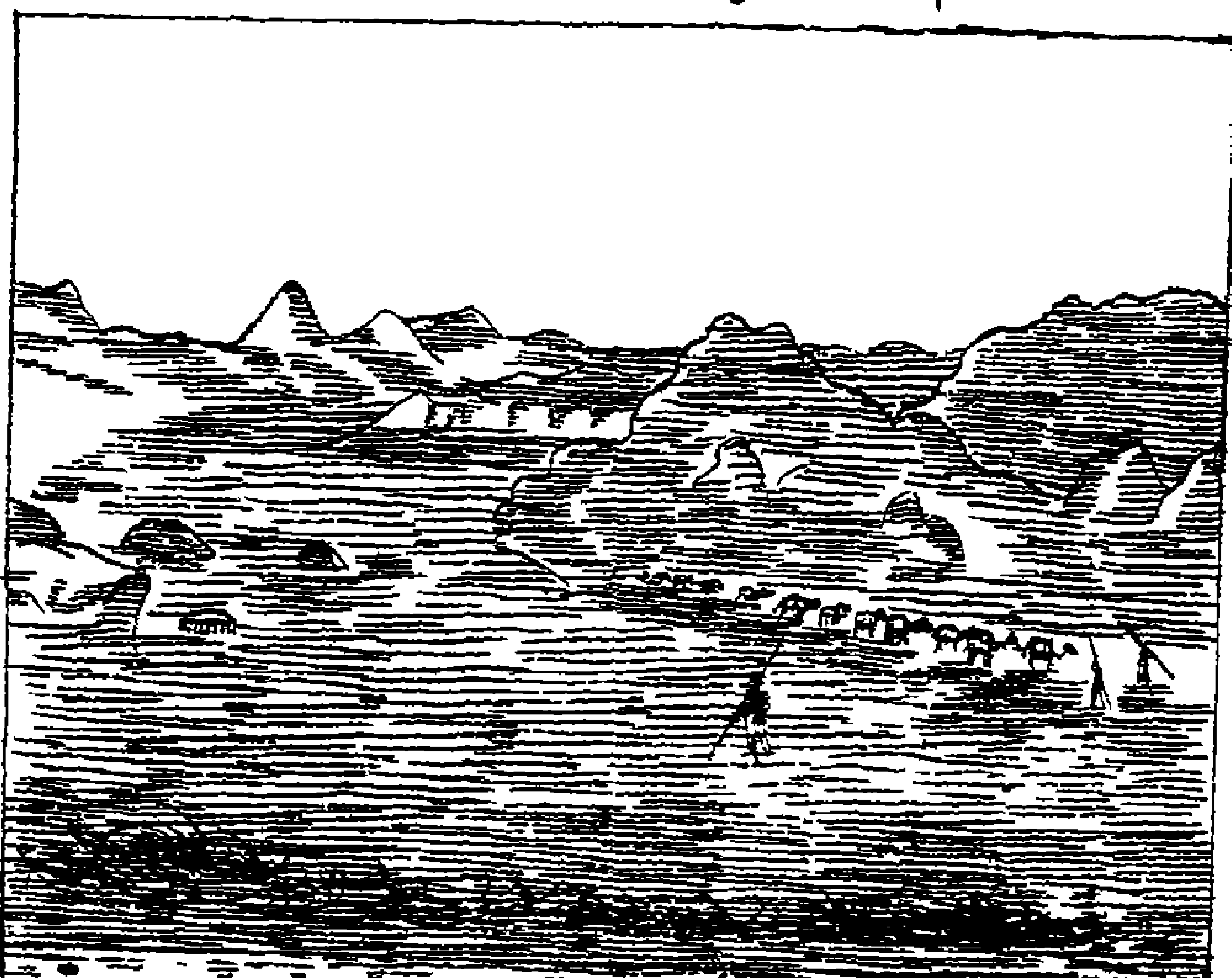
* ولا تبغ الشَّراب من السرابِ *

وسببه(١) انكسار اشعة النور وانعكاسها عن الهواء فانه متى اشتد الحر على الرمال سخن الهواء المباشر لها اكثر مما يسخن الهواء الذي فوقه فيتلطف ويبقى ما فوقه اكثف منه .



الشكل ١٧٢

فاذا وقف رجل C (الشكل ١٧٢) ينظر الى اشجار امامه عند اشتداد حر النهار على ما ذكر فلا يخفى انه يراها باشعة النور المنكسرة عنها الى عينه . فعند مرور هذه الاشعة A في الهواء تمر في طبقات متباينة الكثافة من فوق نازلا فتنكسر عن العمودي وتنحني شيئا فشيئا حتى تلاقي طبقة من طبقات الهواء D مائلة عليها ميلا عظيما فلا تنفذها بل تنكسر عنها كما مر في الانكسار الكلي (عد ١٧٢) ومتى انعكست تنفذ من طبقة الى اكثف منها حتى تصل اخيرا الى العين فيرى الناظر صورة الاشجار في جهة DA اي مقلوبة كانها منعكسة عن الماء وقس على ما تقدم بقية ظواهر السراب . ترى في الشكل ١٧٣ صورة سراب شوهد في بلاد الحبش



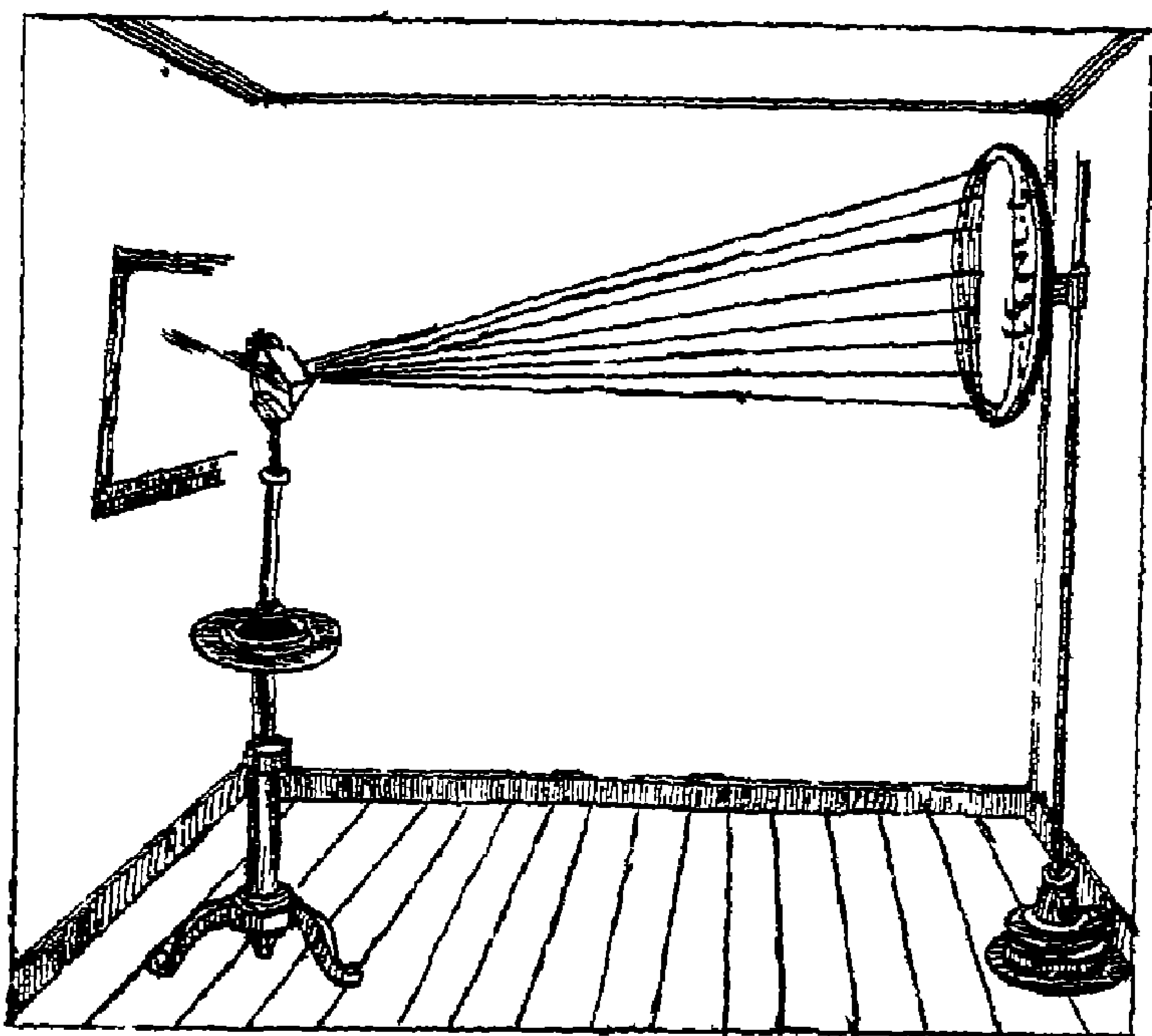
الشكل ١٧٣

(١) ان السراب كان معروفا منذ زمان طويل لكن سببه لم يعرف حتى بينه العلامة منج الفرنساوي حينما اتى بلاد مصر مع بونابرت

الفصل الرابع

في انحلال النور

(٢٨٣) الطيف الشمسي * لون ضوء الشمس ابيض فاذا وقع على منشور او عدسية ونفذه فلا ينكسر فقط عن استقامته كما مرّ بل ينحلّ ايضاً الى اضواء متعددة مختلفة الالوان متفرقة بعضها عن بعض. وهذا هو انحلال النور



الشكل ١٤٧

ولبيان ذلك ادخل حبلاً من ضوء الشمس من خرق في الحائط الى غرفة مظلمة واتقه على منشور (را الشكل ١٤٧) ثم استقبله بعد نفوذه المنشور بقرطاس او ما اشبه فتجده مؤلفاً من سبعة اضواء ملوّنة بالوان قوس قزح وهي البنفسجي فالنيلي فالازرق فالاخضر فالاصفر فالبرتقالي فالاحمر بحسب ترتيبها في الطيف. فالبنفسجي ينكسر في نفوذه المنشور اكثر منها كلها والاحمر اقلّ منها. وقد نظمها المعلم اسعد الشدودي بحسب انكسارها

في الابيات الآتية .

الوان طيف الشمس سبع يُرى ترتيبها فيه كما سيذكر
بنفسجي تشغر نيلي يلي وازرق يليه ثم الاخضر
واصفر وبرتقالي كذا وفي ختام الكل ياتي الاحمر

واعلم ان كل لون من هذه الالوان السبعة بسيط اي لا ينحل الى الوان اخرى كما ينحل النور الابيض وهو دليل ذلك انك اذا حللت نور الشمس في المنشور ثم القيت النور الاصفر من الانوار السبعة مثلا على منشور آخر فانه ينكسر فيه ولكن لا ينحل بل يبقى لونه اصفر كما كان . ولهذا اسمى هذه الالوان السبعة الالوان البسيطة او الاصلية[1]

وقال قوم من الطبيعيين ان هذه الالوان للنور تحصل من اختلاف عدد الامواج لتموج الاثير فانه متى هز الجسم المنير الاثير تموج وكلما زاد عدد امواجه قرب لونه من البنفسجي وكلما قل عددها قرب من الاحمر . فعدد امواج اللون الاحمر ٤٥٨ الف الف الف الف موجة في الثانية وعدد امواج البنفسجي ٧٢٧ الف الف الف الف موجة في الثانية على ماحسبه العلامة افرسنل .

(٢٨٥) اشعة النور والحرارة والاشعة الكيماوية في الطيف

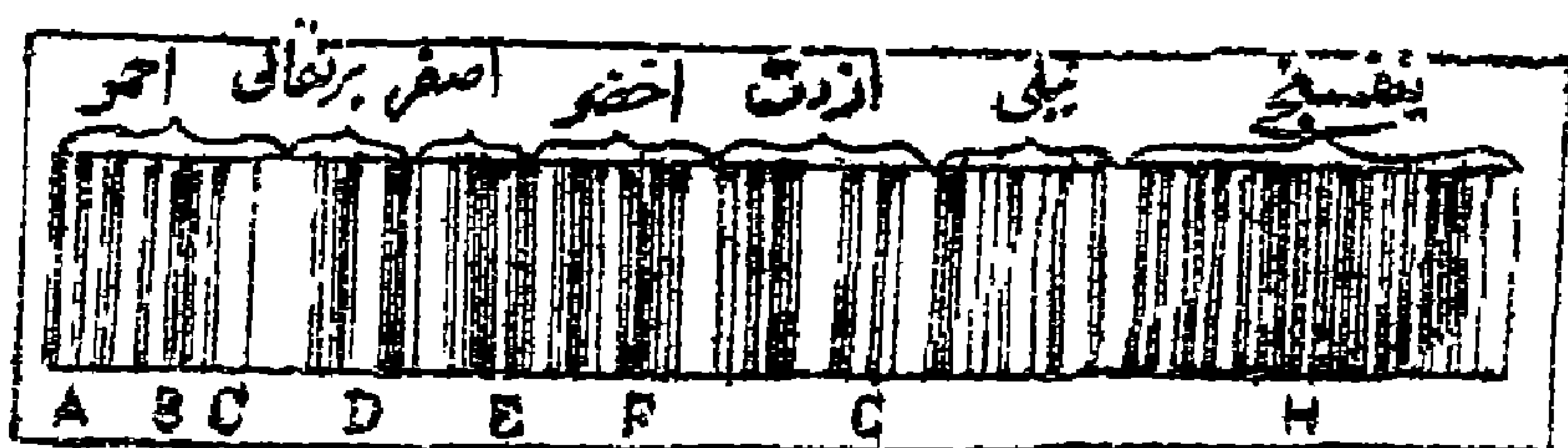
اشعة الطيف الشمسي على ثلاثة انواع اشعة نور وهي التي تنحل الى الالوان السبعة كما ذكر . واشعة حرارة وهي متوزعة بين اشعة النور واكثرها تحت الاحمر واشعة كيماوية وهي متوزعة بين اشعة النور والحرارة واكثرها فوق البنفسجي .

اما اشعة النور الشمسي فمنها الضوء واشدها ضياء الاصفر والاخضر ولذلك

(١) قال ابروستر واتباعه ان ثلاثة من هذه الالوان بسيطة وهي الاحمر والاصفر والازرق والبقية مركبة منها . وانكر ذلك غيرهم وكلهم واتفقوا على انه يمكن تركيب بقية الالوان من هذه الثلثة . وقال يوحنا هوشل بلون ثامن بسيط وراء الاحمر واخر وراء البنفسجي وقال آخرون انها عشرة . والمتفق عليه عند الجمهور انها سبعة كما ذكرنا .

اذا وضع كتاب في واحد منها بانت كتابته اوضح مما تبين في غيره . واما اشعة الحرارة فمنها الحرّ والدفء ويعرف توزعها بالترمومتر فاذا وضعنا الترمومتر في اللون البنفسجي ثم مررنا به على بقية الالوان رأيناه يرتفع من تزايد الحرارة حتى يرتفع اعظم ارتفاعه في فسحة مظلمة وراء الاحمر بقليل . واما الاشعة الكيماوية فهي التي تغير الوان الاجسام . فالثياب تنفض (تحول) شيئاً فشيئاً اذا اصابها نور الشمس من الاشعة الكيماوية التي فيه وبعض الاجسام يسوّد لونها في الشمس منها ايضاً . فاذا اخذنا ورقة مبتلة بماء الفضة وامررناها على الطيف مبتدئين من الاحمر رأيناها تسوّد وتزداد اسوداداً كلما قربت من البنفسجي حتى تبلغ اعظم اسوداد ها متى وصلت الى فسحة مظلمة وراءه . وبالاجمال يقال ان ضياء الطيف في الاصفر وحرارته في الاحمر وفعله الكيماوي في البنفسجي . وعلى ذلك يسرع نموّ النبات اذا اجاءه النور من زجاج ازرق ويدفأ الانسان اذا اجاءه من زجاج احمر ويسلم الجندي من رصاص العدو واذا لبس ثياباً زرقاء او رمادية اكثر ممن يلبس ثياباً صفراء او خضراء . وتصوّر الصورة بالفوتوغرافية ولو في الظلام اذا وقعت عليها الاشعة الكيماوية . اما الانوار الصناعية فتختلف فيها نسبة هذه الانواع الثلاثة

(٢٨٦) خطوط فرونهوفر . اذا دققنا النظر في الطيف الشمسي رأينا انه غير متصل اتصالاً تاماً بل تقطعه خطوط كثيرة سوداء عمودية عليه تسمى خطوط فرونهوفر وهو اول من درسها ووصفها ورسمها وسمى اشهرها بالثمانية الاحرف الاول من حروف الهجاء الرومانية .

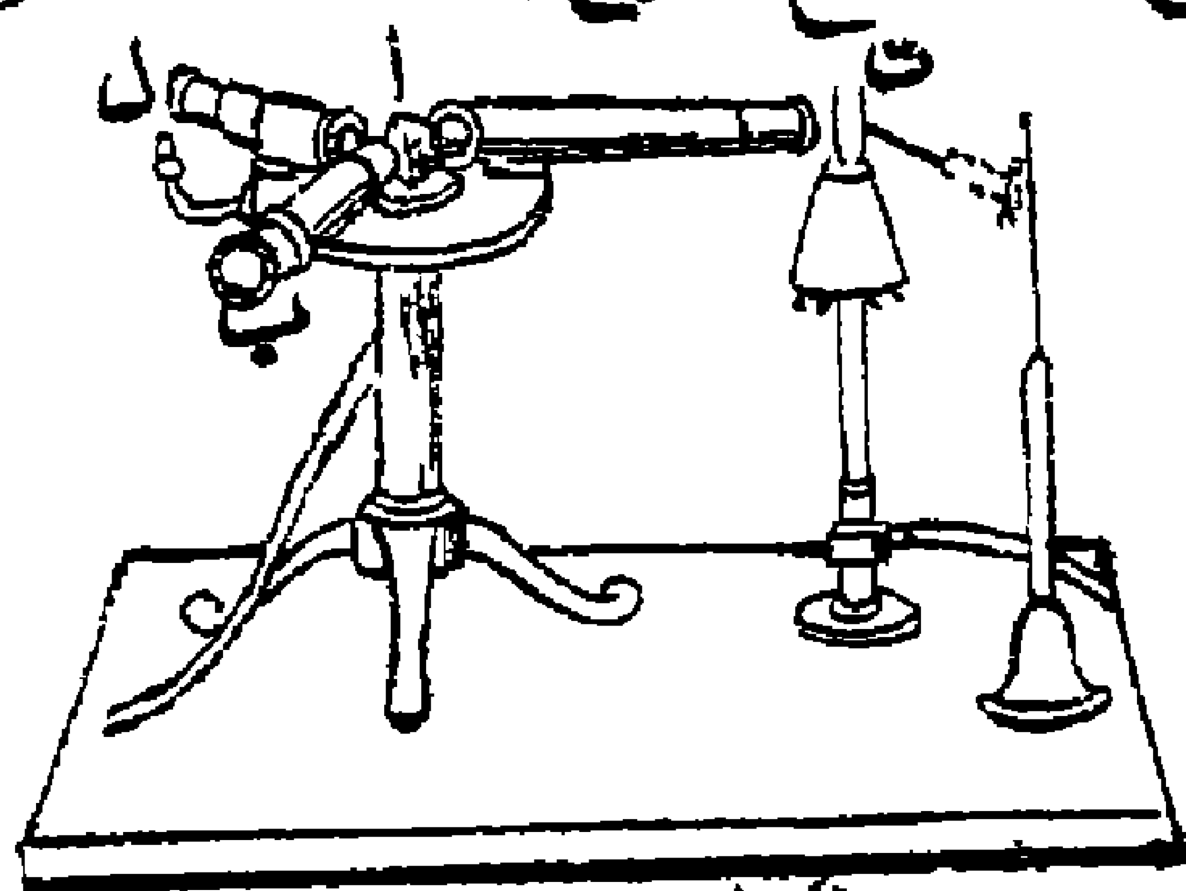


الشكل ١٧٥

ترى في الشكل ١٧٥ رسم الطيف الشمسي فالخطوط البيضاء خطوط فرونهوفر في الفسحات السوداء الوان الطيف . وقد تحققوا ان هذه الخطوط تحدث من اشتعال الاجسا

فاذا اشعلنا جسماً ونظرنا الى الطيف الذي يحدث من اشتعاله وجدناه يوافق خطاً منها كما يعرف بالسبكترسكوب .

(٢٨٧) السبكترسكوب . السبكترسكوب هو المنظار الذي تنظر به خطوط فرونهوفر في الطيف وهو على اشكال عديدة منها الشكل ١٧٦ اترى فيه ثلاثة منظرات مركبة معاً على قاعدة بحيث تلتقي محوراتها في منشور بينها فيوضع الجسم المشتعل عند ت امام منظار له شق في فمه يوسع ويضيق حسبما يرام . فيدخل شعاع الجسم المشتعل من هذا الشق الى المنظار ثم يخرج منه ويقع على المنشور فينفذه ويحل الى الطيف كما تقدم . فيضع الناظر عينه على المنظار ب ويرى الطيف امامه وخطوط فرونهوفر مكبرة فيه فيقيس البعد بينها بواسطة المنظار الثالث ل . وذلك لان في هذا المنظار مقياساً مقسماً اقساماً عديدة ومصوّراً على الزجاج . فاذا وضع مصباح امامه وقعت صورة المقياس على



الشكل ١٧٦

المنشور وانعكست عنه الى عين الناظر فيقيس بها البعد بين خطوط فرونهوفر ويعيّن اماكنها .

وعلى ذلك وجدوا انه اذا وضع في لهيب ت قليل من معدن الصوديوم ظهر في طيفه خط اصفر لامع يوافق الخط D من خطوط فرونهوفر في الطيف الشمسي . واذا وضع فيه قليل من معدن البوتاسيوم ظهر خط احمر يوافق A من الطيف الشمسي وخط آخر في البنفسجي بقرب H . فمن مقابلة طيوف الاجسام المشتعلة الارضية بخطوط فرونهوفر وغير ذلك تحققوا ان في الشمس معادن وغازات كثيرة كالحديد والنحاس والزنك والكلسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والهيدروجين والاكسجين

والنبتون وجيرون وغيرها. وعرفوا مواد نجوم عديدة. وللسبكتروسكوب اعتبار عظيم عند علماء الهيئة والكيمياء واستعماله كثير عندهم.

(٢٨٨) تركيب الالوان السبعة. لما كان النور الابيض ينحل الى الوان الطيف السبعة فهو مركّب منها ولذلك اذا ركبناها معًا تكوّن منها نور ابيض وقد بين ذلك الفيلسوف اسحق نيوتن بانه مزج معًا سبعة مساحيق ملوّنة بالوان الطيف الشمسي فوجد ان لون المزيج اشهب اي ابيض مائل الى السواد. ودهن قرصًا مستديرا بالوان الطيف وجعل فسحة كل منها مناسبة لفسحات البقية وادار القرص سريعا فرأى لونه ابيض. ومما يستبين منه ذلك انه اذا القي الطيف على مرآة متقعّرة او عدسية محدّبة بحيث تنضم الوانه الى بؤرتها ظهر هنالك نوره ابيض.

(٢٨٩) الالوان المتمّة. اذا نزعنا لونًا من الوان الطيف فمزيج الستة الباقية يسمّى متمّ ذلك اللون وبالعكس لان اللون الابيض يتمّ من مزجهما معًا. واذا نزعنا لونين فمزيجهما متمّ مزيج الباقي من الوان الطيف. وكذلك اذا نزعنا ثلاثة وهلمّ جرّا. ثم ان الطبيعيين بامتحانات عديدة لمزج الوان الطيف عرفوا ان الابيض يتحصّل ايضًا بمزج بعض الوان الطيف فقط وليس بضروري ان تجتمع كلها لتحصيل اللون الابيض. فاذا مزج الازرق بالاصفر مثلا ينتج ايضا مزيج ابيض فيحسب الازرق متمّ الاصفر. وكذلك اذا مزج الاحمر والاخضر والبنفسجي ينتج ايضا الابيض. فاحد هذه الالوان الثلاثة متمّ للاثنين الباقيين وبما انه من اختلاف مزج هذه الالوان الثلاثة يتحصل اي لون كان سمّيت الالوان الاساسية. ويجب على المصورين وجامعي الازهار ان يختبروا الالوان المتمّة للابيض لان مجاورتها بعضها لبعض هي الاجمل للنظر.

لكن يجب ان يميز بين الالوان الطيفية والوان الصباغات فمزيج صباغ الاصفر وصباغ الازرق ينتج عنه اخضر وليس ابيض كما اذا مزج ازرق واصفر الطيف. وسبب ذلك انه في مزج الصباغات تحصل

على الحذف لا الاضافة. لانه في المزيج يكاد صباغ الازرق يمتص كل نور الاصفر والاحمر وصباغ الاصفر يمتص نور الازرق والبنفسجي حتى يبقى الاخضر فقط.

(٢٩٠) لون المرئيات. ليس للمرئيات لون في ذاتها بل لونها من النور الذي ينعكس عنها فانها تحلّ النور الذي يقع عليها ثم تعكس اللون الذي تظهر به وتمتص البقية. ولذلك اذا انقطع النور عنها لم يبق لها لون. فكلما اشتدت حلكة الظلام خفيت الوان الاجسام ولم يعد الناظر يميز الفرق بين الاصفر ولا الاخضر ولا غيرها.

فكل جسم يكتسب لونه من النور الذي ينعكس عنه فاذا كان ذلك الجسم يعكس الوان الطيف السبعة كان لونه ابيض (١) واذا كان يمتص ستة الوان ويعكس الازرق الى العين كان لونه ازرق. اذا الصوف الاسود يمتص كل الالوان فالسواد ليس لونًا بل عدم اللون. والاجسام الملونة بالوان مركبة من الالوان البسيطة تعكس اكثر من لون واحد فالخضراء تعكس الاصفر والازرق. فاذا كان اخضرارها مائلًا الى الصفرة عكست الاصفر اكثر من الازرق واذا كان مائلًا الى الزرقة فالازرق اكثر

واعلم ان الاجسام الشفافة تحلّ النور بنفوذه فيها فتتلون باللون الذي ينفذها اسهل مما سواه. فالهواء يتلون بالزرقة لان الوان الطيف الشمسي لا تنفذه كلها بالسواء بل الازرق ينفذه اسهل من غيره (٢) ولان دقائق الهواء تعكس الازرق وتمتص غيره

(٢٩١) تعادل النور. خذ عدسية مفردة التحديب وضعها على سطح مستوٍ من الزجاج كما ترى في الشكل ٨٧ بحيث تمسه محدبها. واحسب نقطة المماسة مركزًا وتوهم دوائر مرسومة حوله فيكون البعد العدسية عن السطح المستوي متساويًا في كل دائرة من الدوائر

(١) كل الاجسام مهما كان لونها تعكس اللون الابيض عن سطوحها الظاهرة اذا وقع عليها النور الابيض. واما الوانها الخاصة فتحصل من نفوذ النور بين دقائقها الى عمق ما ثم انعكاس تلك الالوان من ذلك العمق

سواء كان من اليمين او من اليسار او من بقية الجهات. وكلما بعدت الدائرة عن المركز زاد البعد بين العدسية والسطح المستوي. ثم ادخل شعاعاً من النور الاحمر حتى يقع على سطح الزجاج فترى في المركز نقطة سوداء وحولها دائرة حمراء وحول الدائرة الحمراء حلقة سوداء حولها دائرة اخرى حمراء و حول هذه حلقة ثانية سوداء حولها دائرة ثالثة حمراء وهكذا الى النهاية وتسمى هذه الدوائر حلقات نيوتن. ثم قس البعد بين السطح المستوي ومحدب العدسية عند كل دائرة



من الدوائر الحمراء فتجد انه اذا كان البعد بينهما عند الدائرة الاولى ١ يكون عند الثانية ٢ وعند الثالثة ٣ وهلم جرا.

الشكل ١٧٨

ويتضح سبب ذلك اذا فرض ان النور يحدث من تموج دقائق الاثير لانه متى وقع النور الاحمر على سطح الزجاج كما تقدم ينعكس بعض الاشعة عنه وبعضها عن محدب العدسية. وقد فرضنا ان هذه الاشعة امواج الاثير فان كان البعد بين السطح المستوي ومحدب العدسية اقل من طول موجة من الاثير تعارض الامواج المنعكسة عن احدهما الامواج المنعكسة عن الآخر (عد ١٥٤) فتطفئ بعضها بعضاً وتحدث ظلاماً. وهكذا ايضاً ان كان البعد بين السطح المستوي ومحدب العدسية اكثر من طول الموجة او الموجتين الخ بكسر فتحدث من هذه المعارضة الحلقات السوداء المذكورة آنفاً. واما ان كان البعد بينهما طول موجة او موجتين او ثلاث او عدداً آخر صحيحاً فتلاقى الامواج المنعكسة عن السطحين بعضها بعضاً وتجتمع فتحدث نوراً اشد من نور الموجة الواحدة. ومن هذا النور الدوائر الحمراء. ولما كان بعد السطح المستوي عن محدب العدسية عند الدائرة الاولى الحمراء يساوي طول موجة من امواج النور الاحمر فاذا قسنا هذا البعد بالتدقيق عرفنا منه طول موجة من النور الاحمر.

واذا ادخلنا عوضاً عن الاحمر نوراً اصفر او اخضر او غيرهما من الانوار البسيطة

الالوان عدة دوائر صفراء او خضراء عوضاً عن الدوائر الحمراء المار ذكرها ولكنها تكون متفاوتة الاقطار بعضها كبير وبعضها صغير وقد وجد ان الدوائر الحمراء اكبر الجميع والدوائر البنفسجية اضيقها. ولذلك تكون الامواج الحمراء اطول الجميع والبنفسجية اقصرها وامواج ما بينهما متوسطة بينها في الطول حسب ترتيبها. ويعرف طول موجة كل منها بقياس البعد بين السطح المستوي ومحدب العدسية عند الدائرة الاولى الملونة كما في موجة اللون الاحمر.

(٢٩٢) طول امواج النور. ان قصر امواج النور غريب فقد حسبوا ان نحو اربعين الف موجة من الاحمر لا يزيد طولها عن قيراط وكذلك نحو ستين الف موجة من البنفسجي. ثم ان سرعة النور في الثانية ١٩٢٠٠٠ ميل نضربها في ٦٣٢٨٠ فتصير قراريط. ثم نضربها في نحو ٤٠٠٠٠ فيكون الحاصل عدد امواج اللون الاحمر التي تدخل العين في الثانية وهو ٤٥٨ الف الف الف موجة. وعلى ما تقدم نستعلم عدد امواج اللون البنفسجي التي تدخل العين في الثانية وهو ٧٢٠ الف الف الف موجة كما سبق فسبحان من بقدرته وواسع علمه يحد جميع الاشياء من اصغرها الى اعظمها.

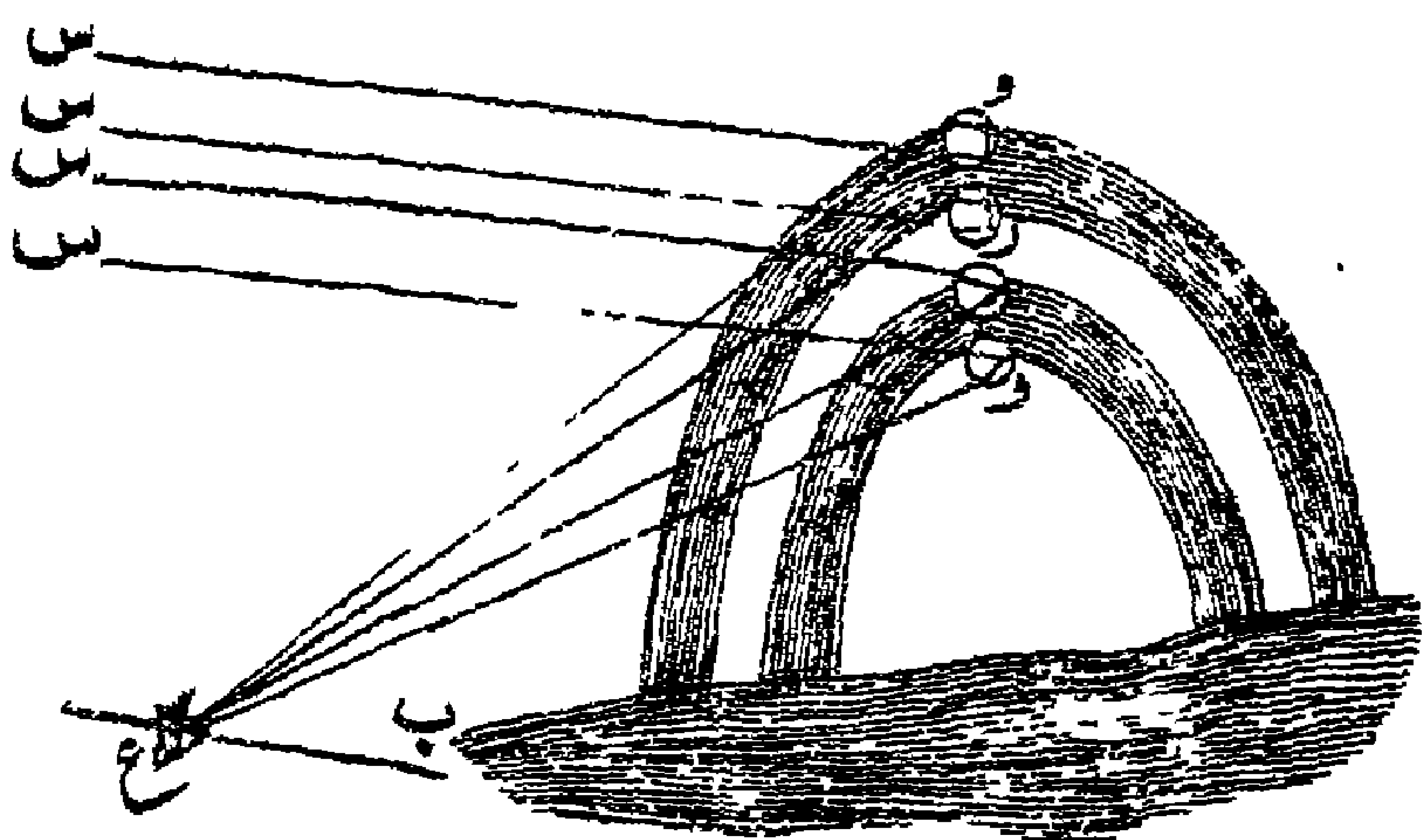
(٢٩٣) الوان عنق الحمام. هو تعدد الالوان وتغيرها بتغير موقع الناظر كما ترى في عرق اللؤلؤ وغيره من الصدف البراق. وسببه ان هذا الصدف مؤلف من صفائح رقيقة جداً متراكب بعضها على بعض بحيث تقصر قليلاً حافة ما فوق عن حافة ما تحته فيحصل من ذلك بين حافاتها خطوط عديدة متقاربة جداً وعند وقوع النور عليها تتعارض اشعته بين هذه الخطوط فتنحل وتبدو الوانها هيئتها وبينها الفسحات السوداء كما تقدم في تعارض النور. وتظهر هذه الالوان على كل ما كان مخططاً من السطوح خطوطاً كثيرة متقاربة كعرق اللؤلؤ. وقد حسبوا انه اذا خط على سطح الفاخط في فسحة كل قيراط مربع منه بدت عليه الالوان المذكورة

ولذلك يخطّطون طالعا من الفولاذ من ثنين الى عشرة آلاف خط في القيراط ثم يطبعون به الحلي كالازرّة الذهبية ونحوها فتظهر ملوّنة بهذه الالوان ولذلك ايضا يظهر ريش الطاؤس وعنق الحمام واجنحة الذباب ونحوها ملوّنة بها. ولوضوحها في عنق الحمام سميت بالاضافة اليه. ومثل عرق اللؤلؤ كل ما كان ذا صفائح رقيقة جدًا لا يزيد سمكها عن جزء من مليون من القيراط كصفائح الهواء الرقيقة التي بين شقوق الزجاج والحديد وكالزبد الذي يطفو على وجه الماء الراكد والزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج وفقاقيع الصابون. فان الوانها الباهية تحدث من غشاء رقيق من الماء تغلف بعض الهواء فمتى اصابته اشعة النور تعارضت وابدت الوانا مضيئة بينها قسمات مظلمة واضية.

(٢٩٤) تشرّف النور. اذا وضعت ابرة تجاه عينك ثم تطلعت الى السماء من شباك رأيت امامك عدة ابر. واذا وضعت نصلي سكينين الواحد يلصق الآخر ونظرت من خلالهما الى الجو رأيت خطوطا على غاية الجمال في ما بينهما واذا نظرت الى الجو من وراء برقع او الى الضوء من وراء ريشة او من شق ضيق في ورقة او من وراء اهداب عينيك رأيت له الوانا باهية. فهذه كلها تحدث من تشرّف النور. وسبب هذا التشرّف هو انه اذا وقعت امواج الاثير على حافة الابرة او النصل او غيرهما هزت دقائق الاثير التي بجانبها فتعارض اهتزازات الاثير الواحد اهتزازات الاثير الآخر. فيحدث من تعارضها ما يشبه الشرفات او الطرر الملونة على الاجسام. ومن ذلك الاصطلاح على تسمية هذا التعارض بتشرّف النور.

(٢٩٥) قوس قزح. قوس قزح منطقة مستديرة ملوّنة بالالوان الطيف الشمسي من الاحمر الى البنفسجي تنتصب في السماء مقابل الشمس عند وقوع المطر. وسببها انكسار ضوء الشمس الابيض وانعكاسه عن نقط المطر. فينحلّ الى الوانه السبعة. وكثيرا ما يرى قوسان معًا احداهما واضحة وهي الداخلية وتسمّى القوس الاصلية والاخرى اخفى منها وهي الخارجية وتسمّى

القوس الفرعية وتخالف الاصلية في موقع الوانها فالاحمر في الاصلية فوق البقية وفي الفرعية تحتها.



الشكل ١٦٩

(٢٩٥) القوس الاصلية. تحدث القوس الاصلية من انعكاس النور عن داخل نقطة المطر انعكاسة واحدة فقط فاذا افرضت الشمس في جهة سَ سً سٌ س (الشكل ١٦٩) فعندما تصيب شعاعتها سَ راس نقطة المطر ينعكس بعضها عنه وينفذ البعض الآخر فيها. وهذا النافذ ينكسر الى جهة العمودي ويبقى سائراً نحو اسفل النقطة حتى ينعكس عن جانبها المقابل ثم يخرج منها وينكسر الى ما فوق اسفلها. فبانكساره هذا ينحل فتتبدد الوانه متفرقة كما تتبدد الوان الطيف الشمسي. ثم لنفرض ان عين الناظر ع موضوعة بحيث تلاقي اشعة الحمراء من نقطة ن فلا ترى الا اللون الاحمر من الوان تلك النقطة لان البقية تكون اعلى منه اذ هي اكثر منه انكساراً (عدد ٢٨٣). واما اللون البنفسجي فتراه العين في نقطة و اسفل منها. واما بقية الالوان فتراها في نقط بين تينك النقطتين

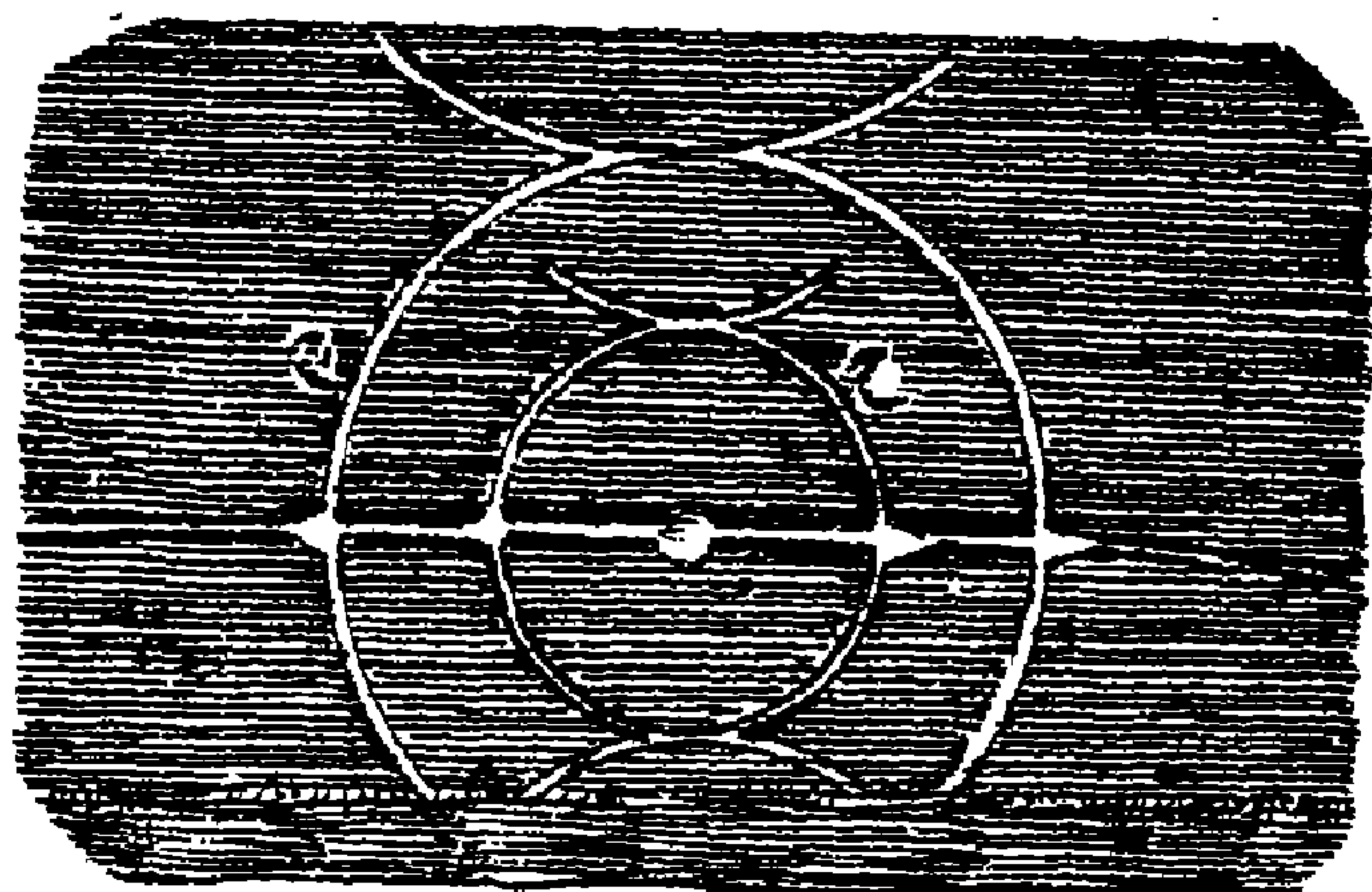
(٢٩٦) القوس الفرعية. تحدث القوس الفرعية من انعكاس الاشعة عن داخل نقط المطر انعكاستين كما ترى في رَ وَ في الشكل المتقدم. وذلك بان تقع الاشعة على سفل النقطة فتنفذ فيها منكسرة الى الاعلى حتى تلاقي سطحها المقابل فتنعكس عنه الى فوق ثم تنعكس مرة ثانية عن اعلاه وترجع فتخرج من النقطة وتنكسر الى الاسفل حتى تلاقي عين الناظر ع. وعلى ما تقدم ترى العين اللون البنفسجي في النقطة رَ واللون الاحمر

في النقطة ر وبقية الالوان في ما بينهما من النقط. ويتضح مما تقدم سبب ظهور البنفسجي فوق الاحمر في القوس الفرعية بخلاف ما في القوس الاصلية. لأنه في القوس الفرعية تنكسر الاشعة الى الاسفل بعد خروجها من النقط فالبنفسجي لما كان اكثر الالوان انكساراً فاشعاعته لا تلاقي العين ما لم تأتِ من نقطة اعلى من نقط بقية الالوان فيظهر فوق بقية الالوان(١)

(٢٩٨) سبب استدارة قوس قزح. يظهر بالحساب ان الاشعة الحمراء متى نفذت نقط المطر في القوس الاصلية تجعل مع اشعة الشمس زاوية ٤٢° تقريباً اي انه لو اخرجت الشعاعة س ر على استقامتها واخرجت الشعاعة الآتية من ر الى ع على استقامتها حتى تلتقيا لكانت الزاوية التي تتكون من ملتقاهما نحو ٤٢° ويظهر ان الزاوية التي تجعلها الشعاعة البنفسجية مع شعاعة من الشمس نحو ٤٠° وهاتان الزاويتان لا تتغيران البتة. فلو رسمنا خطاً اب من عين الناظر الى الشمس واخرجناه من الطرف ب على استقامته لمرّ في مركز الدائرة التي تحسب قوس قزح قوساً منها. ولذلك يسمى محور القوسين. وهو موازٍ لاشعة الشمس دائماً فاذا كانت الشمس في الافق كانت اشعتها ومحور القوسين موازية للافق فيكون مركز قوس قزح في الافق وتكون القوس نصف دائرة. ولنفرض اننا ادرنا الشعاعة ع وحول محور القوسين ب ع بحيث تبقى الزاوية ر ع ب على حالها غير متغيرة فالنقطة د ترسم في الجو دائرة. وكل نقطة تقع في هذه الدائرة من نقط المطر تكون واقعة على الزاوية المطلوبة لوصول الاشعة البنفسجية منها الى العين ولا تصل هذه الاشعة الى العين من نقط ليست في تلك الدائرة. وكذلك اذا ادرنا الشعاعة ر ع حول ب ع رسمت النقطة ر في الجو دائرة تصل منها الاشعة الحمراء الى العين وقس بقية الالوان على ما تقدم. فقلنا من ذلك اولاً ان قوس قزح يلزم ان تكون مستديرة وهو ما اردنا بيانه. وثانياً انه كلما ارتفعت الشمس في السماء انخفضت القوس نحو الافق وصغر القسم الظاهر منها وبالعكس كلما هبطت الشمس. وثالثاً انه قد يمكن ان ترى قوس قزح دائرة تامةً عن رؤوس الجبال الشاهقة.

(١) قد تظهر قوس ثالثة في جهة الشمس من الناظر وقد تظهر اقواس خفية داخل القوس الاصلية اضربنا عن ذكرها وتبيين اسبابها لعدم احتمال هذا المختصر لذلك.

(٢٩٩) الهالة ٭ الهالة دارة القمر وتطلق هنا على دارة الشمس ايضًا وهي حلقة مستديرة حافتها الداخلية محمرّة اللون وخارجها مبيضة وقطرها من الوسط نحو ٢٢° . وهي لا تظهر الا اذا كان حول الشمس او القمر غيوم رقيقة لبنيه اللون يظن انها مؤلفة من بلورات جليدية عائمة في الجو متعددة الاشكال ابسطها شكل منشور مقطوع الزوايا بحيث يصير ذا خمسة اضلاع . وسببها انكسار النور في هذه المناشير . ترى في الشكل ١٨٠ صورة هالة ج نصف قطرها ٢٢° من الوسط واخرى ب نصف قطرها ٤٦° . ويمرّ فيهما دائرة تسمّى دائرة الشمس الكاذبة ويتكوّن من التقائهما بتلك الدائرة نقط بيض مشرقة تسمّى الشموس الكاذبة واذا كانت الهالة حول القمر سميت الدائرة دائرة القمر الكاذبة والنقط الاقمار الكاذبة . والهالات هذه تظهر في الاعراض العليا .

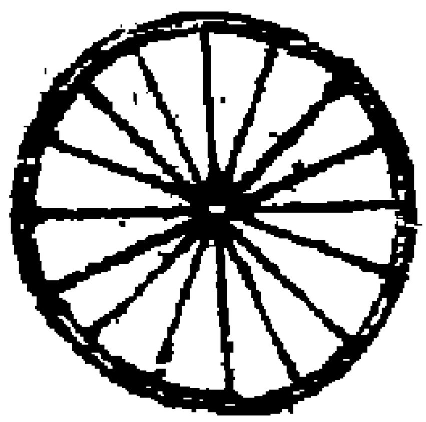


الشكل ١٨٠

الفصل الخامس

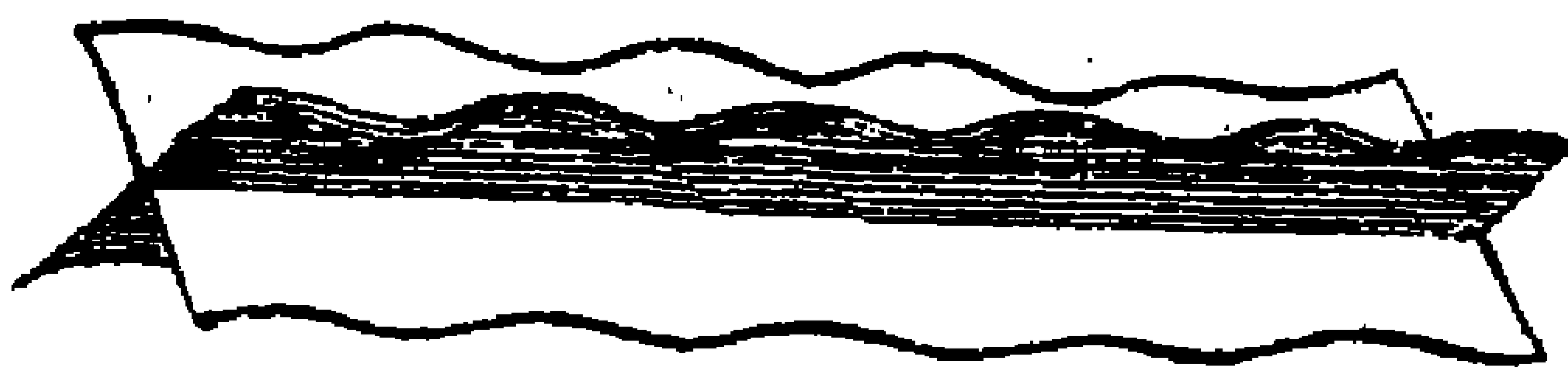
فى استقطاب النور

(۳۰۰) استقطاب النور. لو امكن للناظر ان ينظر الى طرف شعاعة من النور كما ينظر الى طرف العصا لكان يرى دقائق الاثير تتموّج فى جهة كل اقطار الدائرة التى تتكوّن من طرف الشعاعة (الشكل ۱۸۱) معارضة فى جهة تموّجها لجهة الشعاعة فى سيرها.



الشكل ۱۸۱

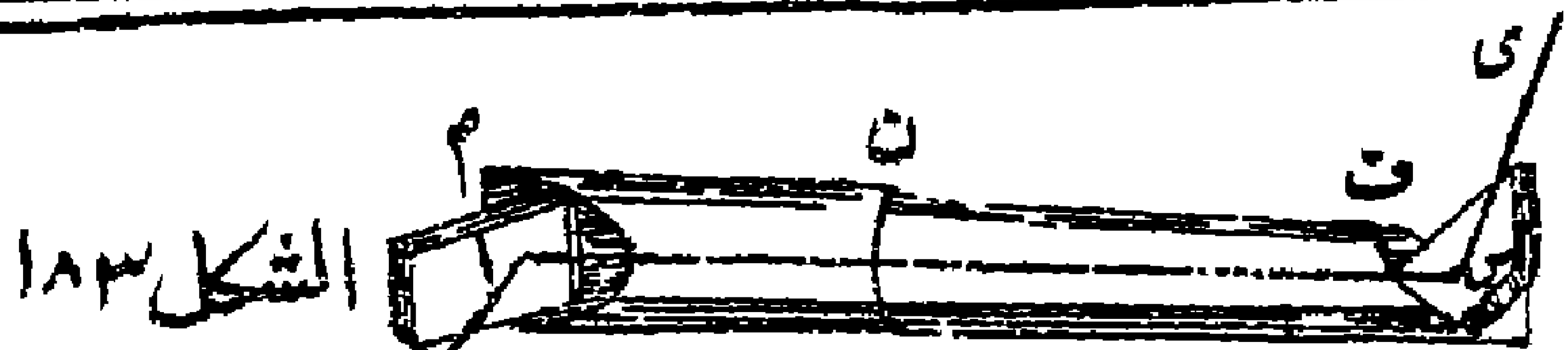
فاذا حللنا جهة كل قطر من تلك الاقطار الى جهتين احداهما عموديّة على الاخرى كما مرّ معنا فى حلّ القوات (عدد ۸۰) كان الخارج من حلها كلها جهتين احداهما عمودية على الاخرى كما ترى فى الشكل ۱۸۲. فاذا امتصّت



الشكل ۱۸۲

امواج جهة من هاتين الجهتين امتصاصا كليا او جزئيا وبقى نور امواج الجهة الاخرى على حاله بطريقة من الطرق سمّى هذا النور النور المستقطب وللاستقطاب طرق شتى كما سترى.

(۳۰۱) الاستقطاب بالانعكاس. ادخل انبوبة ف ن د الشكل ۱۸۳ بحيث تدور فى انبوبة اخرى م ن ورکّب على فوهتيها قطعتين من الزجاج الملون او من مفصلات حتى تمال كل منهما على محور الانبوبتين بقدر ما يراد فاذا املنا كلا منهما حتى يصير ما بينها وبين محور الانبو



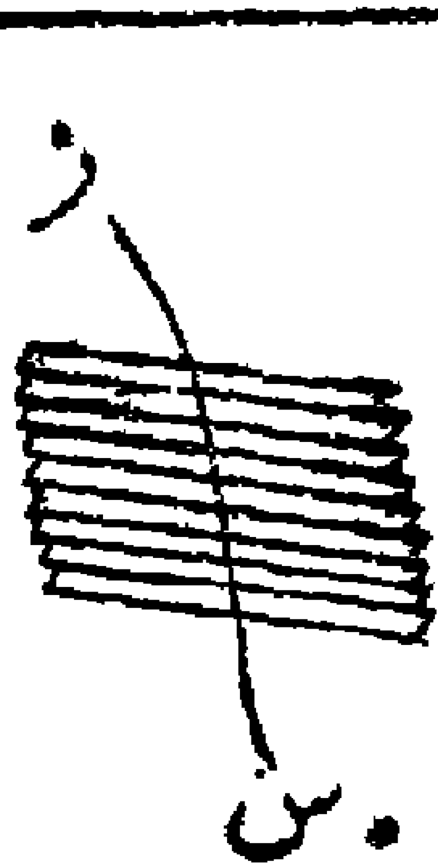
الشكل ١٨٣

٣٣ درجة ثمّ وضعنا مصباحاً تجاه ا بحيث ان الاشعة الواقعة منه عليها تميل عليها ٥٥ درجة فهذه الاشعة تنعكس عن ا وتقع على س مارة في الانبوبة م ن ت وحينئذ اذا كان سطح وقوع الاشعة على س وهو اس ى مطابقاً لسطح وقوعها على ا وهو راس انعكست عن س مشرقة كثافتها كغيرها من النور الاعتيادي. ثم اذا اديرت ن ت اخذت كثافة الاشعة في التناقص حتى اذا صار سطح وقوع الاشعة على س عمودياً على سطح وقوعها على ا كما ترى في الشكل بلغ التناقص غايته وقلّ اشراق الاشعّة او تلاشى. واذا اديرت ن ت ايضاً تزايد الاشراق حتى يبلغ غايته عند دوران س نصف دائرة وتناقص حتى يبلغ غايته عند رجوعها الى ما كانت عليه اوّلاً. وتسمّى هذه الآلة البولارسكوب ويسمى ا المستقطب وس المحلّل والنور المنعكس عن ا نوراً مستقطباً

ويتضح تعليل هذا الاستقطاب كما ياتي: لنفرض ان دقائق الاثير في الشعاعة الواقعة على المستقطب اتتموّج في دائرة افقية وفي دائرة سمتيّة عمودية عليها (عد ٣٠٠) فاذا كان سطح الوقوع على ا افقياً ابطل التموّجات الافقية من الشعاعة واطفأ نورها واما التموجات السمتية فتبقى على حالها. ثم اذا كان سطح الوقوع على المحلّل س مطابقاً لسطح الوقوع على الحلّل كثافة الشعاعة لانه لا يطفئ الا ما اطفأه ا قبله. واما اذا اديرت س حتى صار سطح الوقوع عليه عمودياً على سطح الوقوع على ا فيبطل التموجات السمتية ايضاً من الشعاعة ويطفئ ما بقي من نورها. هذا اذا كان ا وس مستقطبين تامّين والا يطفئا بعض نور الشعاعة ويتركا بعضه على ما هو. ولكن القول في تعليل باقي ما تقدم هذا اولا بدّ للنور ان يستقطب كلّياً او جزئياً بعد انعكاسه. ويكون استقطابه بعد انعكاسه عن الزجاج على اتمّه اذا كانت زاوية ميله عليه ٥٥° ولا يستقطب الا قليلاً بعد انعكاسه عن المعادن.

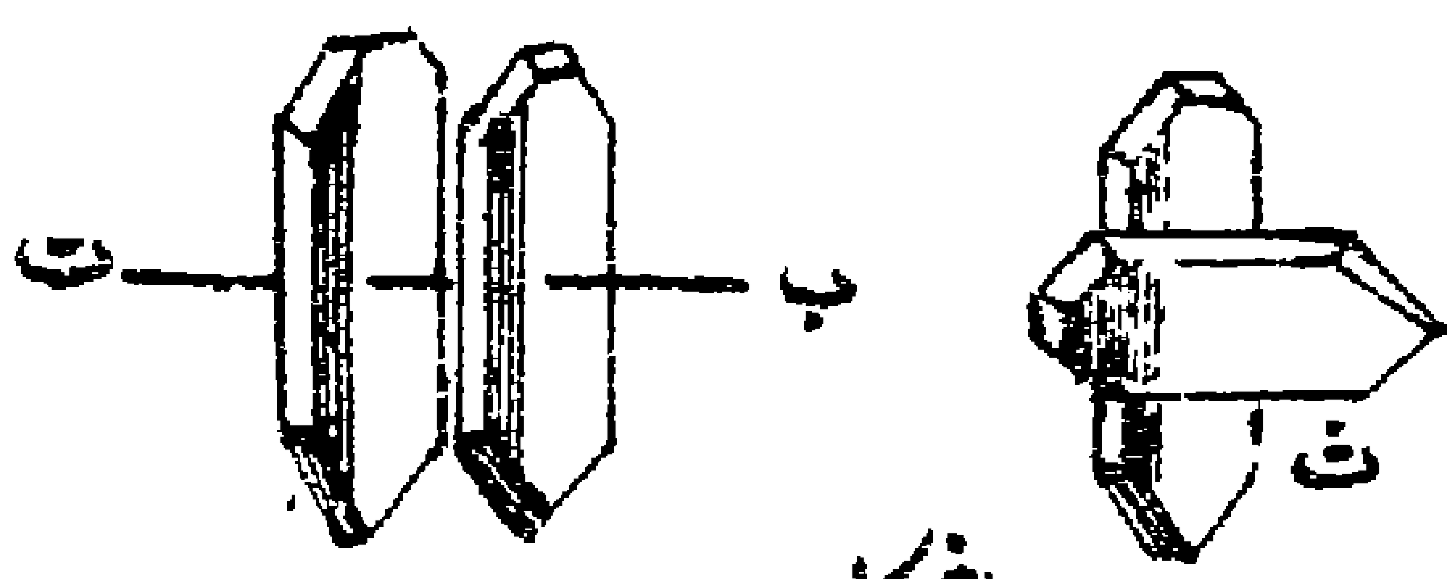
(٣٠٢) الاستقطاب بالانكسار. اذا نُضد ٢٠ لوحاً من الزجاج نَضداً واحداً

(الشكل ١٨٣) ونزلت عليه الاشعة من ز فلا تنفذ الى س الا وقد استقطبت كما يستقطب النور المنعكس. غير ان اماكن الكثافة في نورها تكون بعكس ما تكون في النور المنعكس فحيثما كانت الكثافة في هذا على اقلها كانت في ذاك على اعظمها. وتعليله ان كل سطح من سطوح هذا النضد يعكس بعض النور حتى تبطل اخيرا من الشعاعة المنعكسة كل الامواج التي تموج في سطح الوقوع وتبقى كل الامواج التي تموج في سطح عمودي على سطح الوقوع بعكس الشعاعة التي تنفذ النضد فان هذه تبطل امواجها التي تموج في سطح عمودي على سطح الوقوع وتبقى المتموجة في سطح الوقوع. فيكون استقطابها في سطح عمودي على استقطاب الشعاعة المنعكسة.



الشكل ١٨٣

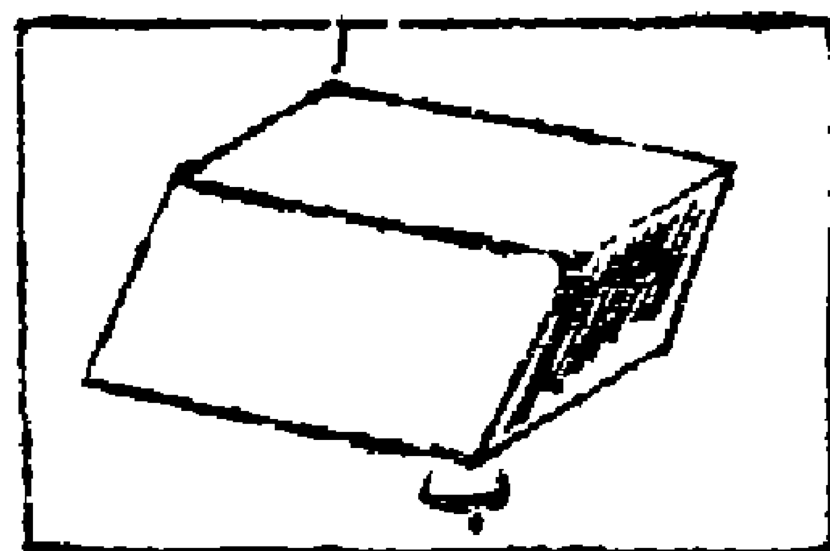
(٣٠٣) الاستقطاب بالامتصاص. ضع بلورة من التُرملين ب (الشكل ١٨٤) على موازاة اخرى ت بحيث يوافق محور احداهما محور الاخرى فالشعاعة التي تقع على احداهما تمتص امواجها العمودية على محور البلورة وتنفذ امواجها الموازية للمحور منها ومن البلورة الاخرى فيستقطب النور بواحدة كما يستقطب بالثنتين.



الشكل ١٨٤

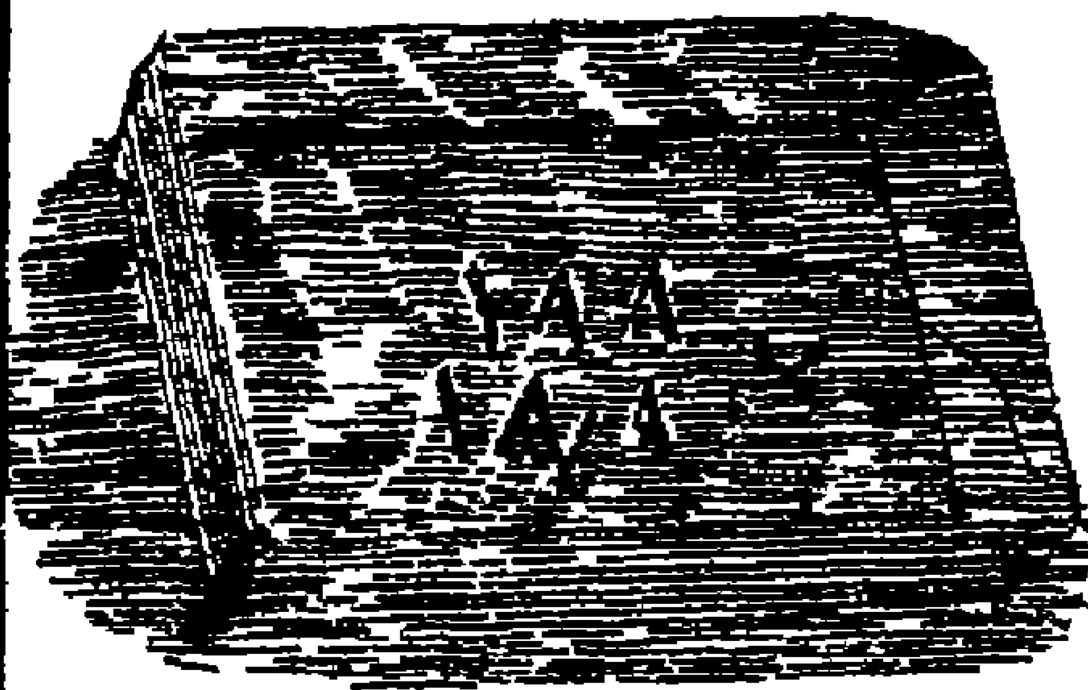
ثم ضع احداهما عمودية على الاخرى كما ترى عند ت فالامواج التي تنفذ الواحدة تمتصها الاخرى فتطفئ الشعاعة. ولذلك تصلح هاتان البلورتان لاستقطاب النور ولتحليله فيعرف اذا كان مستقطبا او غير مستقطب.

(٣٠٤) الاستقطاب بالانكسار المزدوج. اذا مرّت شعاعة نور من بلورة من بلورات الحجر الايسلندي ولم تكن موازية لمحورها اب (الشكل ١٨٥) انفلقت فيها



الشكل ١٨٥

الى اثنين احدهما خاضعة لنواميس الانكسار وتسمى الاعتيادية والاخرى غير خاضعة لبعضها وتسمى غير الاعتيادية. ولذلك اذا نظرنا شيئاً بهذه البلورة رأيناه مزدوجاً ما لم يكن في جهة توازي محورها. واذا وضعناها على نقطة ثم ادرناها شيئاً فشيئاً رأينا النقطة نقطتين احداهما تدور حول الاخرى.



واذا وضعناها على ارقام رأيناها مزدوجة كما ترى في الشكل ١٨٦. فهذا هو الانكسار المزدوج ثم ان كلاً من الشعاعتين الاعتيادية وغير الاعتيادية مستقطبة لان امواجها تتموج في جهة واحدة

الشكل ١٨٦

فقط الا ان امواج الواحدة عمودية على امواج الاخرى. هذا وينكسر النور انكساراً مزدوجاً في كثير من الاجسام الشفافة ويمكن ان يصنع الزجاج بالاحماء والضغط حتى يكسر النور كذلك. وللاستقطاب اشكال شتى عدلنا عن ذكرها لضيق المقام.

(٣٠٥) منشور نكل. هو آلة مصنوعة من الحجر الايسلندي بها ينكسر النور انكساراً مزدوجاً فينقطع الشعاعة الاعتيادية عن النظر ويظهر غير الاعتيادية ولذلك نرى به الصورة غير الاعتيادية فقط من الصورتين اللتين يظهر الشبح بهما.

(٣٠٦) منافع النور المستقطب. اعظم مانع يمنعنا من رؤية الاشباح التي تحت سطح الماء انعكاس الاشعة عنه الى عيوننا. فاذا استعمل منشور نكل في نظارة مائية فقد يقطع القسم المستقطب من النور المنعكس عن الماء ويؤذن برؤية ما تحته من الاشباح الى عمق عظيم. وبذلك يحسن الصيادون اصطياد الاسماك بالحراب. ومن منافعه ان المصورين الذين يبتغون رؤية الصور والنقوش قد يمنعهم لمعانها من ذلك فاذا نظروها بمنشور نكل رأوها واضحة. ومنافعه عظيمة في الابحاث الميكرسكوبية وفي الكيمياء وعلم الهيئة والجو واكثر العلوم الطبيعية. قيل ان الكيميين يكشفون جزءاً من ثلاثة عشر الف جزء من كرام من المواد اذا وجدت في جسم الحيوان ويميزونها عن البوتاسا وغيرها من القلويات. والفلكيون يعرفون به ان السيارات تضيء بنور الشمس

والثوابت بنورها . والفسيولوجيون وغيرهم يفحصون بلا
البلورات التي في جسد الانسان وغيره من الكائنات الحية
فيعرفون مادّتها من نورها المستقطب . فبلورات سكر
العنب مثلاً تحرف سطح الاستقطاب الى اليمين وبلورات
سكر الاثمار تحرفه الى اليسار وعلى ذلك تستعمل دولة
فرنسا آلة مستقطبة لمعرفة نوع السكر الوارد
الى بلادها . وقس على ما ذكر

فوائد عديدة
لم تُذكر

الفصل السادس

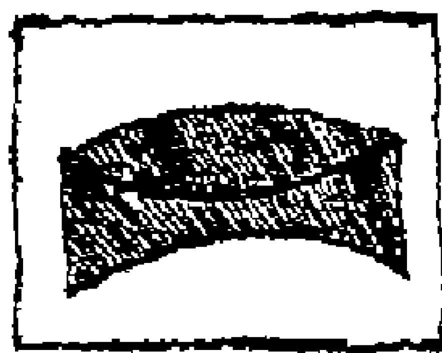
فى الخطاء الكروى والخطاء اللونى

(٣٠٧) الخطاء الكروى * ان العدسيات لا تؤدى الى العين صورة جلية لسببين الاول الخطاء الكروى والثانى الخطاء اللونى فالخطاء الكروى هو كون العدسية لا تجمع كل الاشعة الى بؤرة واحدة لان الاشعة التى تقع على حافاتها تنكسر اكثر من التى تقع على وسطها. ولذلك تجتمع فى بؤرة اقرب اليها من البؤرة التى تجتمع فيها الاشعة المنكسرة فى الوسط. فلا تظهر صورة المرئى واضحة فى كل اقسامها. ويصلح هذا الخطاء بان يوضع على حافاتها جسم ظليل لا ينفذه النور ويترك وسطها مكشوفاً حتى تنفذها الاشعة المركزية فقط. ولما كان هذا الخطاء يحصل من زيادة انكسار النور على حافات العدسية وقلته فى وسطها يمكن التخلص منه ايضا بجعل وسط العدسية كثير التحدب وتقليل هذا التحدب شيئاً فشيئاً من الوسط الى الحافات فيتساوى مقدار انكسار الاشعة فى كل قسم من العدسية.

(٣٠٨) الخطاء اللونى * هو كون العدسية ترى المرئى ملوناً من حواشيه بالوان قوس قزح فتقلل وضوحه وتتعب الباصرة. وسببه تفاوت الوان النور فى الانكسار فالاشعة البنفسجية اكثر الاشعة انكساراً ولذلك تجتمع فى بؤرة قريبة من العدسية واما البواقى فتجتمع فى بؤرات ابعد منها عنها بحسب قلة انكسارها فتبدو الالوان كما تبدو بالمنشور ولذلك يحصل الخطاء اللونى ولو اصلح الخطاء الكروى. ويصلح الخطاء اللونى بوضع عدسية اخرى مع الاولى اضعف منها على تكسير النور ولكن

اقوى منها على تفريق الوانه. فتفرق الالوان خلاف ما تفرقها العدسية وبذلك تردها الى لونها الابيض وتبقى الاشعة منكسرة بعض الانكسار لتكبير الاشباح او لتقريبها كما سيأتي.

ضع عدسية مزدوجة التحديب من الزجاج الاكليلي في عدسية مزدوجة التقعير من الزجاج الصواني. فالزجاج الصواني اقوى على تفريق الوان اللطيف من الاكليلي ولذلك متى نفذت اشعة النور العدسية المزدوجة التحديب وانحلت الوانها مفترقا بعضها عن بعض بسبب الخطاء اللوني تفرقها العدسية المزدوجة التقعير ايضا ولكن بخلاف تفريق المزدوجة التحديب لها فتجمع كل الوانها الى بقعة واحدة



الشكل ١٨٧

وترد نورها ابيض. واما كيفية وضع العدسية المزدوجة التحديب في المزدوجة التقعير لاصلاح الخطاء اللوني فتظهر في الشكل ١٨٧ وتسمى عدسية كهذه عدسية اكرومتك اي عديمة اللون

*

الفصل السابع

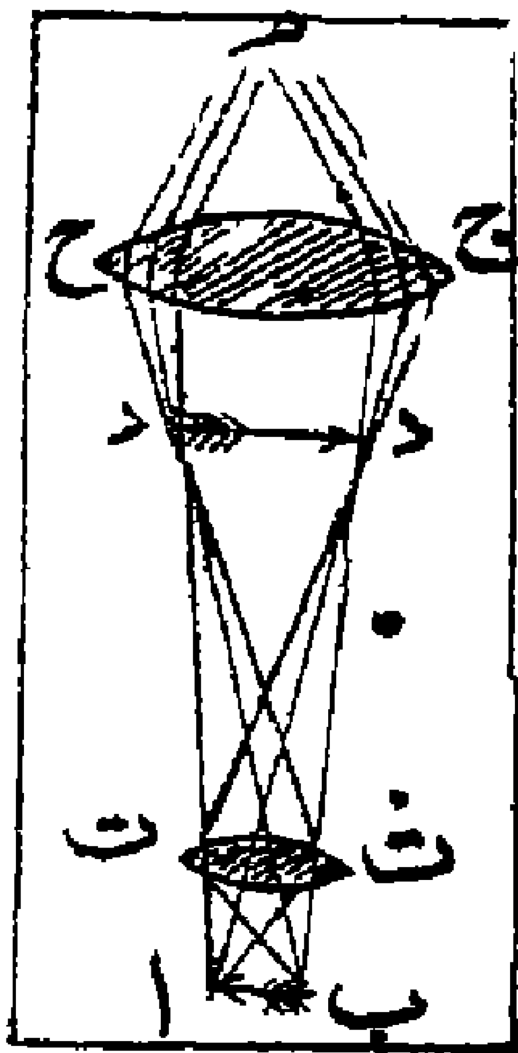
في الآلات البصرية

(٣٠٩) الآلات البصرية هي كل آلة تستعين بها العين على النظر سواء تألفت من عدسيات او مناشير او مرايا او عدسيات ومناشير ومرايا معًا. وهي لكثيرين من الناس بمنزلة حاسة سادسة من الحواس بها يكبّرون اصغر الاشياء ويقربون البعيد منها ويكشفون اخفاها الى غير ذلك مما لم يكن يتيسر للبشر التمتع به لولاها. ولذلك كانت كبيرة الفائدة عظيمة الاعتبار وقد تفننوا بها تفننًا غريبًا حتى كثرت اشكالها جدًّا. وكلها تندرج تحت ثلاثة اقسام وهي ميكرسكوب او منظار الصغائر به تكبر المرئيات التي تصغر ها لا تراها العين. وتلسكوب ومنظار البعيدات به ترى العين الاشياء البعيدة سماوية كانت او ارضية. وآلات شتى لالقاء صور الاشياء مكبرة او مصغرة على حجاب او نحوه تسهيلًا لتصويرها او كشف دقائقها او لتسلية الناظرين اليها كالخزانة النيّرة والمظلمة والفانوس السحري ونحو ذلك. وعلى هذه الاقسام الثلاثة مدار الكلام في هذا الفصل.

واعلم ان القسمين الاولين قلما تخلو آلة منهما من عدسيتين على الاقل الواحدة يقع النور عليها من الشيء وتسمى بلورة الشيء والاخرى تنظر بها العين الصورة التي ترسمها بلورة الشيء وتسمى بلورة العين. الا انه قد يعاض عن بلورة الشيء بمرآة وقد يستغنى عن العدسيتين بواحدة كما سترى في النظارة العاكسة والميكرسكوب البسيط ان شاء الله.

(٣١٠) الميكرسكوب * الميكرسكوب اما بسيط وهو ما كان له عدسية واحدة

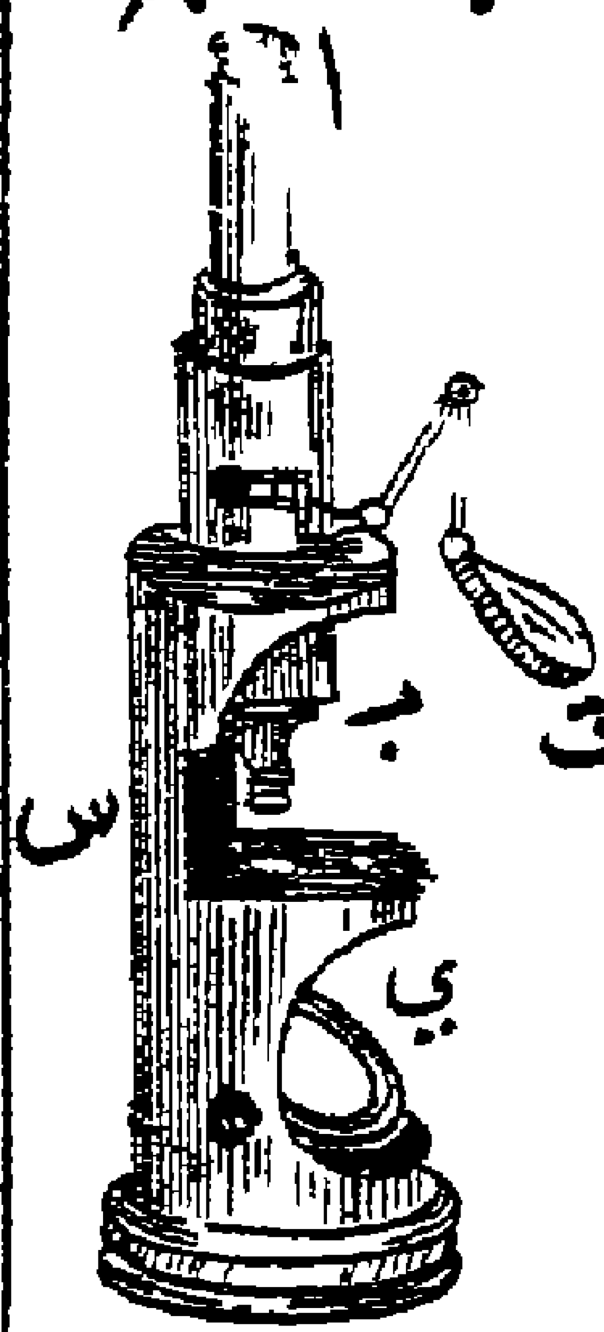
مزدوجة التحديب واما مركب وهو ما تركب من عدسيتين على الاقل. اما البسيط فتوضع



الشكل ١٨٨

عدسيته غالبا في حلقة من المعدن او من قرن الحيوان او العاج. واكثر من يستعمله الشيوخ والنقاشون والمصورون وغيرهم ممن لا يقتضي لهم ان يبالغوا في التدقيق. واما المركب فاخص اجزائه عدسيتان محدّبتان احداهما ت ث (الشكل ١٨٨) وهي بلورة الشيء والاخرى ح ح وهي بلورة العين. فاذا اريد النظر به الى شيء صغير كالشيء اب جُعل بعده عن بلورة الشيء اعظم قليلاً من بعد بؤرتها الاصلية عنها بحيث تكبر صورته وتنقلب مثل د ذ وتوضع بلورة العين بحيث تقع الصورة د ذ اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة فتكبر عمّا هي عليه (عد ٢٤٨) وتراها العين من م مكبّرة.

ترى صورة الميكروسكوب المركب في الشكل ١٨٩ فان اب انبوبة فيها بلورة الشيء و



الشكل ١٨٩

بلورة العين وس عمود مرتكزة عليه و دولب ترفع وتخفض به لاجل احكام البؤرة. وي مرآة تعكس الضوء الى الشيء الذي تحت بلورة الشيء ليظهر جليًّا اذا كان شفافًا اذ ينفذه النور فيُرى به فلا يبان جليًّا. وق عدسية محدّبة تجمع الاشعة على الشيء فتنيره بدلا من المرآة اذا كان ظليلاً.

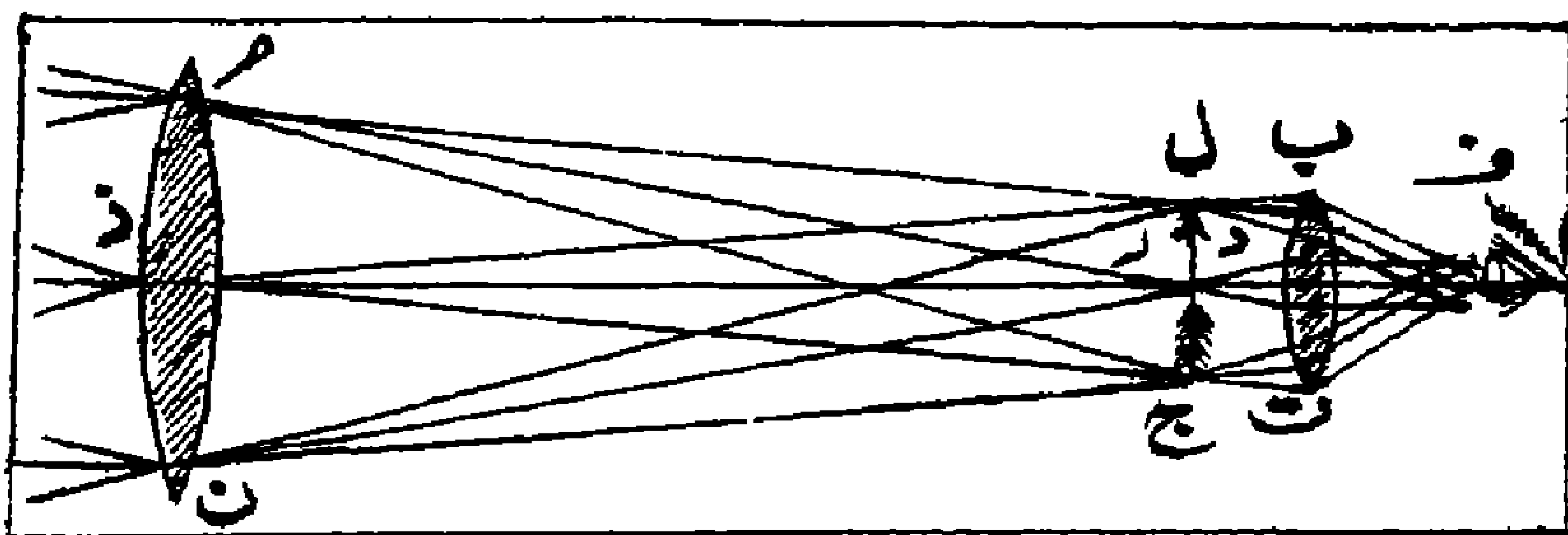
فاذا اكبر الميكروسكوب قطر الشيء مائة مرة او مئتين الخ. قيل ان قوّته مائة قطر او مائتان الخ. والشيء الذي يكبر قطره مائة مرة يكبر سطحه ١٠٠×١٠٠ اي ١٠٠٠٠ مرة ويصلح الخطاء الكروي من الميكروسكوب المركب بجعل بلورة الشيء منه صغيرة جدًّا.

(٣١١) اختراع الميكروسكوب ومنافعه * انه لم يخترع الى غرة القرن السابع عشر ومخترعه مجهول وربما لم يكن له مخترع واحد بل بلغ ما هو عليه الآن تدريجًا. واما منافعه فمنها انه به اكتشف علماء النبات النسيج الخلوي في النبات ودوران العصارة فيه وقطيفات اوراقه

وبه اكتشف علماء الحيوان اكتشافات جمّة منها ان في القطرة من الماء الراكد الوف الوف من الحيوانات المتعددة الاصناف والانواع وان العفن مؤلف من نبات القطر كما تتألف الغابة من القصب. وله اعتبار عظيم عند الذين يتعاطون بالاقمشة فانهم يميزون به نسيجها ويعرفون صحيحه من فاسده وخالصه من مغشوشه. ويسمى ما لا يرى الا بالميكرسكوب ميكرسكوبيًّا.

(٣١٢) التلسكوب * هي نوعان كاسرة وعاكسة والفرق بينهما ان الكاسرة يكون للشيء فيها بلورة محدّبة والعاكسة يكون له فيها مرآة مقعرة والظاهر ان التلسكوب كشفت اتفاقًا ككثير من المكتشفات العظيمة. يروى ان اولاد رجل فلمنكي كانوا ينظرون بعد سيات الى برج كنيسة امامهم فاتفق ان ولدًا منهم وضع عدسيّة محدّبة في مقعرة ونظر بهما الى علم الريح على البرج فرآه كبيرًا وقريبًا منه فاخبروا والده مندهشًا فاعاد والده ذلك مرارًا ثم وضع عدسيتين في انبوبين ينزل احدهما في الآخر فصنع التلسكوب ثم قام غلليوا الفلكي الشهير وستعمل التلسكوب في رصد الاجرام السماوية فشاع استعمالها في رصد النجوم.

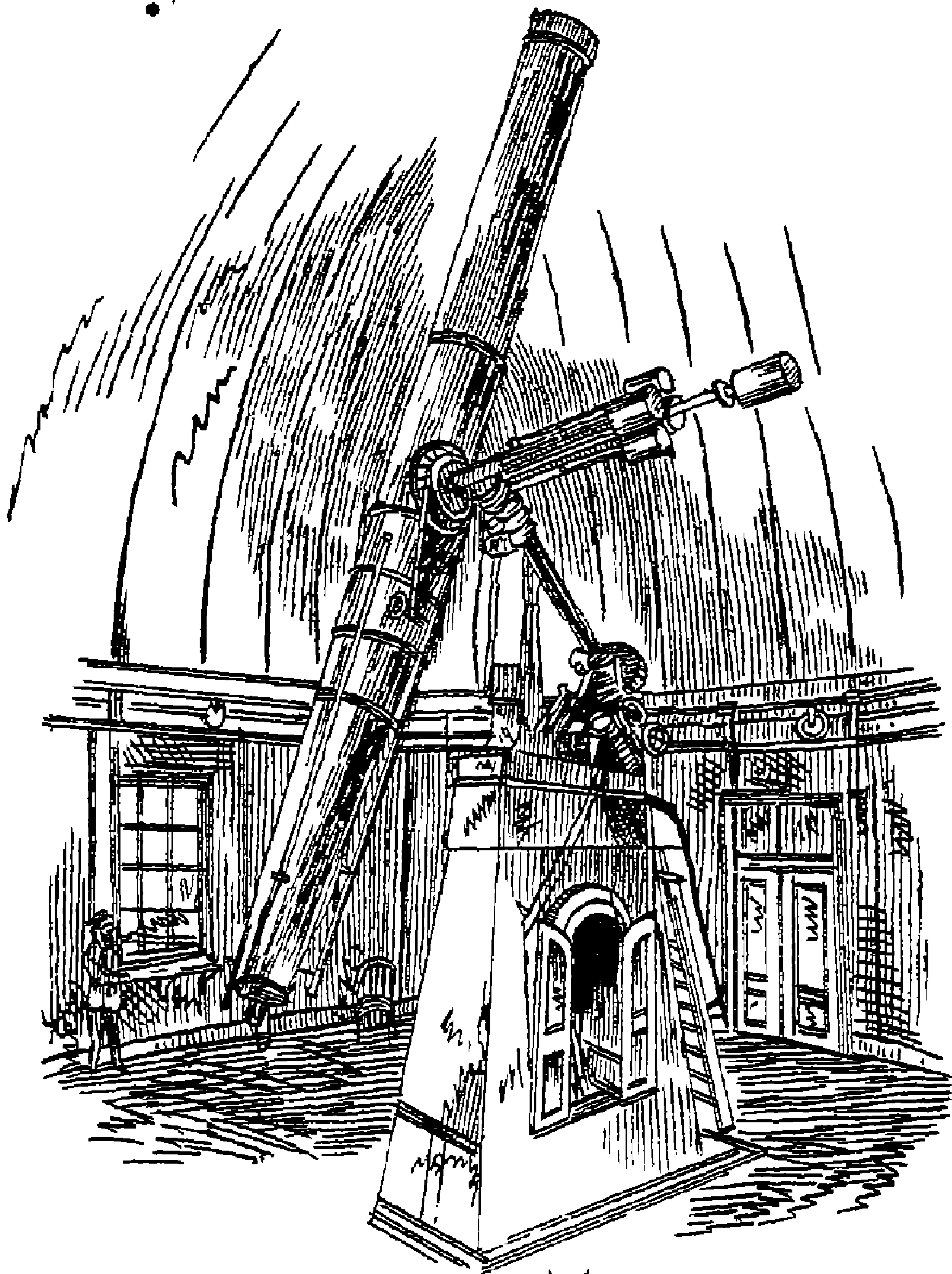
(٣١٣) التلسكوب الكاسرة الفلكية * هذه ابسط انواع النظارة الكاسرة اخص اجزائها بلورة الشيء م ن (الشكل ١٩٠) وبلورة العين ب ت. فالاولى ترسم صورة الجرم السماوي مقلوبة وصغيرة مثل ل ج. والثانية تكبر الصورة بقدر ما يراد وتتألف من اكثر من بلورة واحدة في النظارات القوية.



الشكل ١٩٠

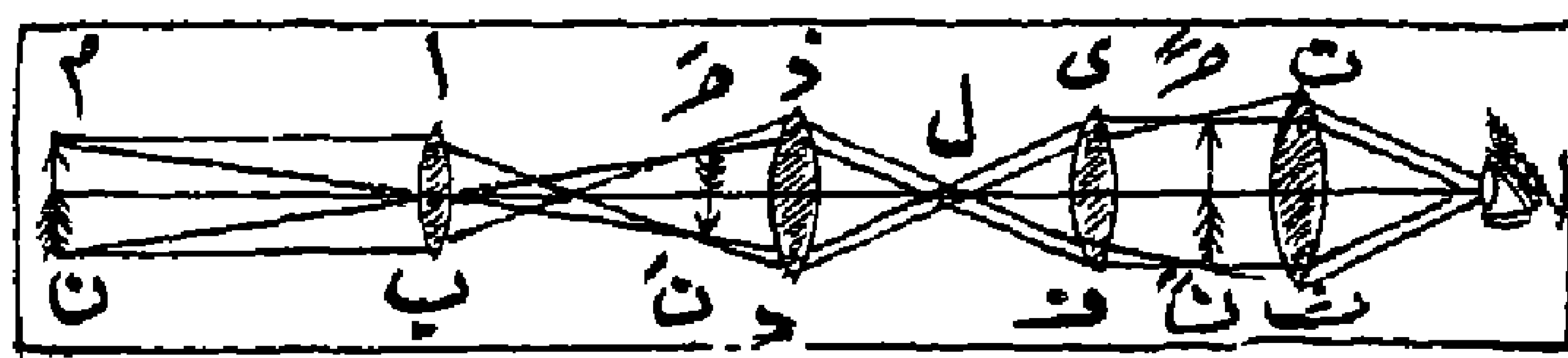
كلما زاد قطر الدائرة لحرف بلورة الشيء زاد النور على صورته وامكن ان يزاد تكبيرها.

وتكبيرها يزداد كلما قلّ تحدّب بلورة الشيء وزاد تحدّب بلورة العين. ويتوقف وضوح الصورة على خلوص البلورة من الخطاء الكروي واللوني وعلى اتقان نحتها وصقلها وكونها متساوية الكثافة في كل اجزائها. ولذلك تزداد صعوبة اتقان البلورة بزيادة كبرها. ترى في الشكل ١٩١ صورة النظارة الكاسرة في وشنطون قطر بلورة الشيء فيها ٢٦ قيراطاً.



الشكل ١٩١

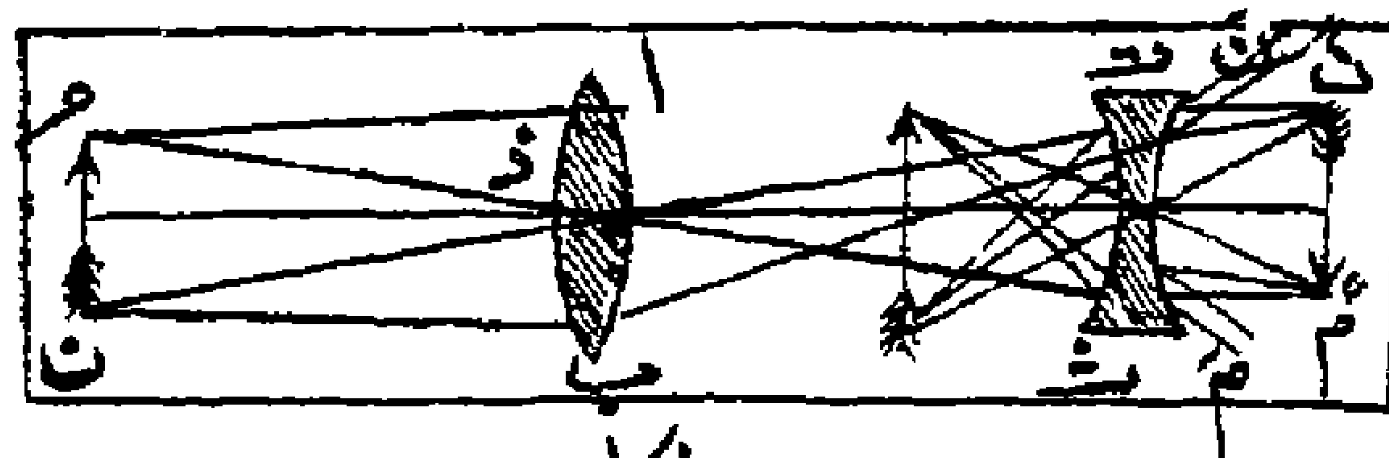
(٣١٣) التلسكوب الكاسرة الارضية. لا فرق بين التلسكوب الفلكية والارضية في المبدء ولكنهم لا يبالون في الفلكية بكون الصورة مقلوبة او مقومة اذ الكواكب كرات والكرات لا يستتر منظر صورها مقلوبة كانت او مقومة فلذلك يقتصرون فيها على بلورة الشيء وبلورة العين فراراً من كثرة التركيب وصعوبة الاتقان. واما في الارضية فيقتضي ان تكون الاشباح مقومة والا تلتبس رؤيتها على الناظر ولذلك يزاد فيها بلورات اخرى بين بلورتي الشيء والعين



الشكل ١٩٢

ترى صورة اجزاء التلسكوب الارضية في الشكل ١٩٢ م ن الشبح و اب بلورته و مَ نَ صورته مقلوبة و ذ د بلورة العين الاولى وهي تجمع الاشعة عند ل . ولو وضعت العين عند ل لبانت الصورة مقلوبة كما في التلسكوب الفلكية . ولكن بلورة العين الثانية ى ف ترد هذه الصورة المقلوبة مقوّمة مثل مَ نَ . و ت ث بلورة العين الثالثة تجمع اشعة هذه الصورة المقوّمة في بؤرة حيث توضع العين فتراها مكبّرة .

(٣١٥) تلسكوب غليليو . لا فرق بينها وبين التلسكوب الفلكية الّا بكون بلورة العين فيها عدسية مقعّرة . ويتضح تفصيلها من الشكل ١٩٣ م ن الشبح و اب بلورته مزدوجة التحديب و ت ث بلورة العين مزدوجة التقعير . فلو كانت بلورة الشبح وحدها

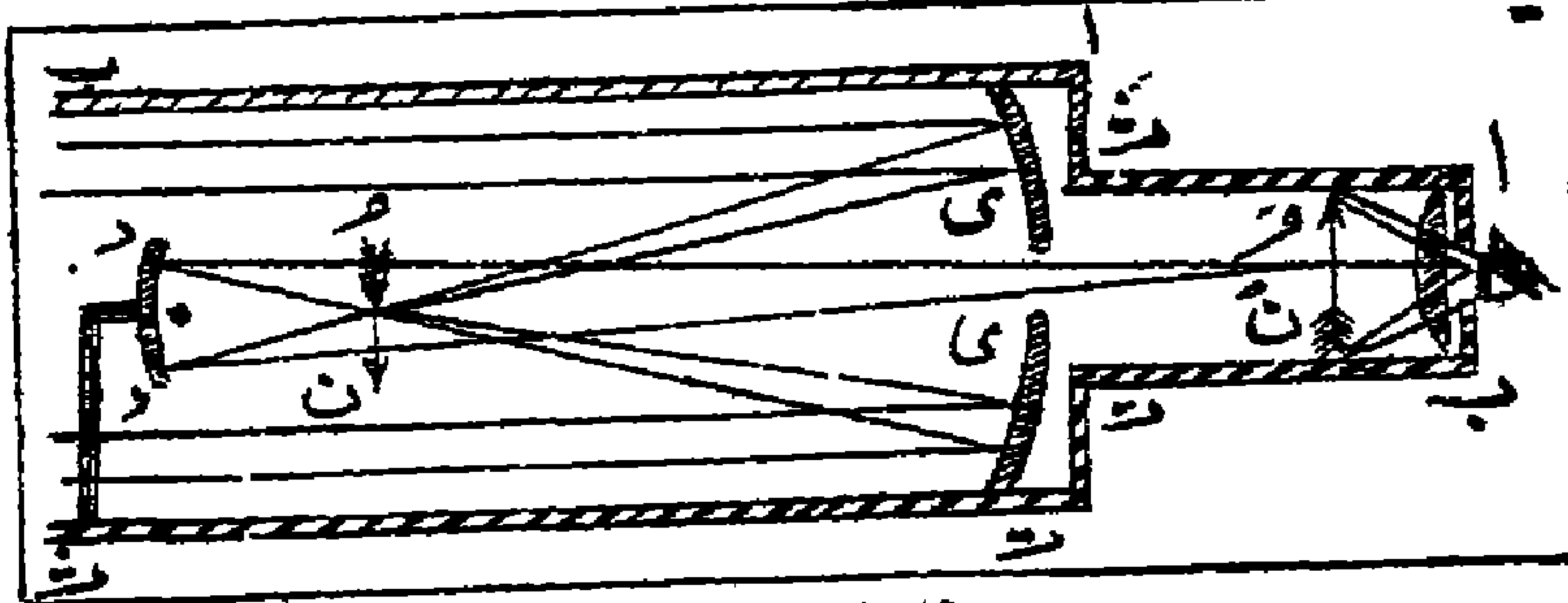


الشكل ١٩٣

رسمت صورته مقلوبة في بؤرتها كما ترى عند مَ نَ الشكل ١٩٢ واما هنا فتقبل ان تصل اشعته الى بؤرتها تقع على البلورة المزدوجة التقعير فتنفرج بها كما ترى عند مَ نَ فتراها العين مقوّمة مكبّرة كالسهم بين البلورة المحدّبة و البلورة المقعرة في الشكل .

ولهذه النظارة مزية بصغرها فيسهل حملها وبكونها لا تمتص من النور الا قليلا لقلة عدسياتها . ولكنها لا تكشف من ساحة النظر الا بقعة صغيرة لانّ الاشعة النافذة بلورة العين تنفرج كثيرا فلا يدخل العين منها الّا الوسطى . ولذلك كان اكثر استعمالها في رؤية الاشباح الارضية ولاسيما في المراسح .

(٣١٦) التلسكوب العاكسة * التلسكوب العاكسة اقدم عهداً من الكاسرة واكثر منها انواعاً واشهر انواعها اربعة تلسكوب كريكري وتلسكوب نيوتن وتلسكوب هرشل وتلسكوب كسكرين .



الشكل ١٩٣

ترى تفصيل تلسكوب كريكري في الشكل ١٩٣: ى ى مرآة الشبح مقعرة ومثقوبة من وسطها فبعد وقوع الاشعة من النجم عليها تنعكس وترسم له صورة مقلوبة م ن عند بؤرتها الرئيسة . وبعد ان تتقاطع عند هذه الصورة تقع على المرآة د د . وبؤرة هذه المرآة اقرب اليها من الصورة م ن ولذلك تنعكس الاشعة عنها وترسم مَ نَ صورةً مقلوبة بالنسبة الى م ن ومقومة بالنسبة الى الشبح بعد من مركز تقعير المرآة د د (عد ٢٦٦) وذلك بعد ما تمر من ثقب المرآة ى ى . فتكبر العين هذه الصورة بواسطة البلورة آ بَ

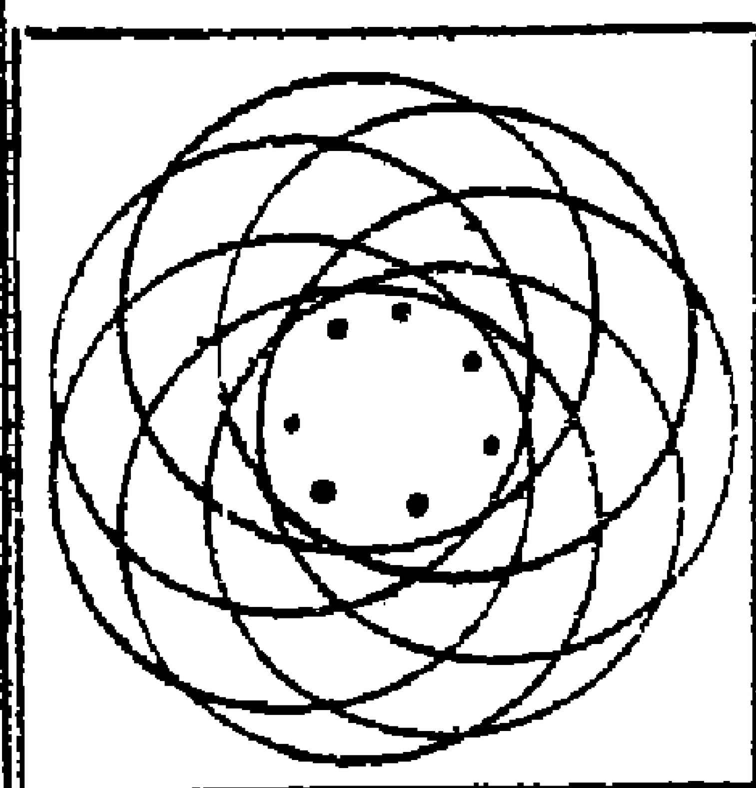
والشائع الآن في الاستعمال نظارة نيوتن . وفيها تكون مرآة الشبح غير مثقوبة فتنعكس الاشعة عنها الى مرآة اخرى صغيرة موضوعة مائلة مقابلها بحيث تعكس الاشعة الى انبوبة في جنب انبوبة مرآة الشبح . وفي هذه الانبوبة بلورة العين مؤلفة من عدة بلورات فتكبر بها العين الصورة . هذا وكانوا قديماً يصنعون المرايا من المعدن ولصعوبة تقعيرها على ما يراد كادوا يهملون استعمالها حتى اكتشف العلامة فوكول طريقة بسيطة لتفضيض الزجاج مع بقاء سطحه صقيلاً فتسهل اصطناع المرايا من الزجاج وتفضيضها وشاع استعمالها واكبر نظارة عاكسة نظارة اللورد رُص قطر مرآتها ست اقدام وبعد البؤرة عن المرآة فيها ٥٤ قدماً ووزن المرآة نحو ١٦ قنطاراً .

(٣١٧) فائدة التلسكوب * كلما بعدت المرئيات عن العين قلّ وضوحها لان نورها يقل بزيادة مربع بعدها فبلورة الشبح او المرآة المقعرة لاتساع سطحها تجمع من النور

اكثر كثيراً مما يجمعه بؤبؤ العين وبلورة العين تكبر صورة الشيء التي ترسمها بلورة الشيء او المرآة المقعّرة فتنظر العين الاشباح البعيدة بها كانها قريبة منها.

(٣١٨) **دخول النور من ثقب** * اذا دخل ضوء الشمس من ثقب صغير في حائط غرفة مظلمة صنع للشمس صورة مقلوبة مستديرة على الحائط المقابل مهما كان شكل ذلك الثقب.

اما سبب انقلاب الصورة فهو تقاطع الاشعة في الثقب. واما سبب استدارتها فهو لانه ان كان الثقب مستديراً فالصورة تكون بالضرورة مستديرة وان كان غير مستدير فهو بمنزلة ثقوب مستديرة عديدة جداً مجتمعة معاً في ذلك الشكل. فكل ثقب منها يصنع صورة مستديرة ومن اختلاط هذه الصور العديدة بعضها ببعض تحصل صورة واحدة مستديرة تحدّها خطوط منحنية لا تحصى

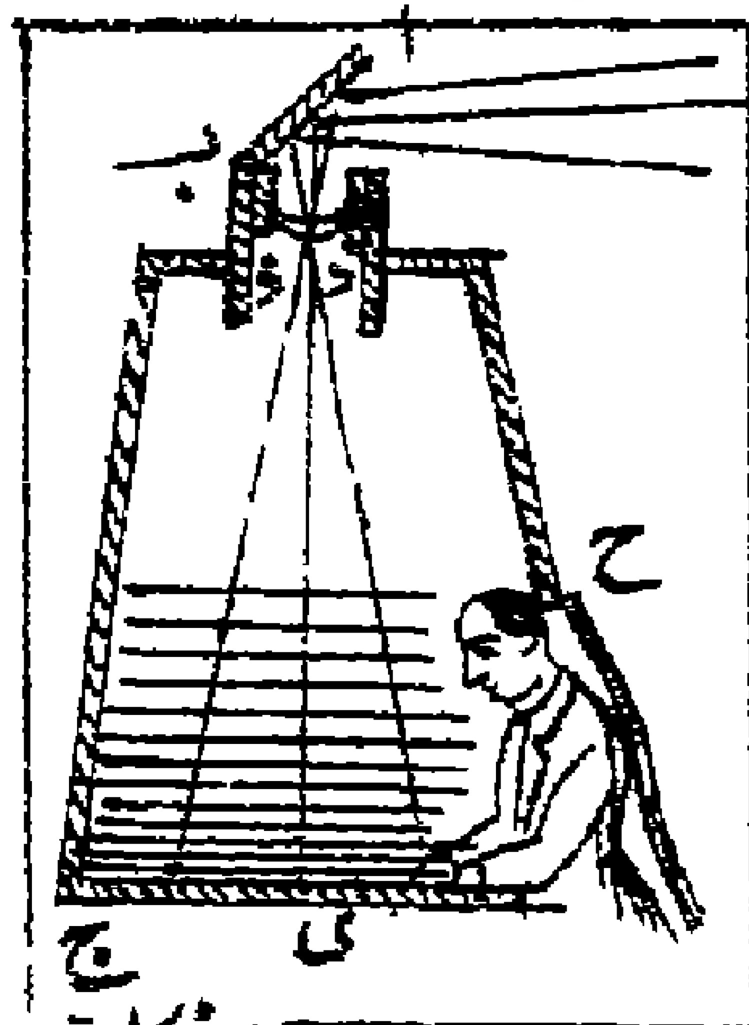


الشكل ١٩٥

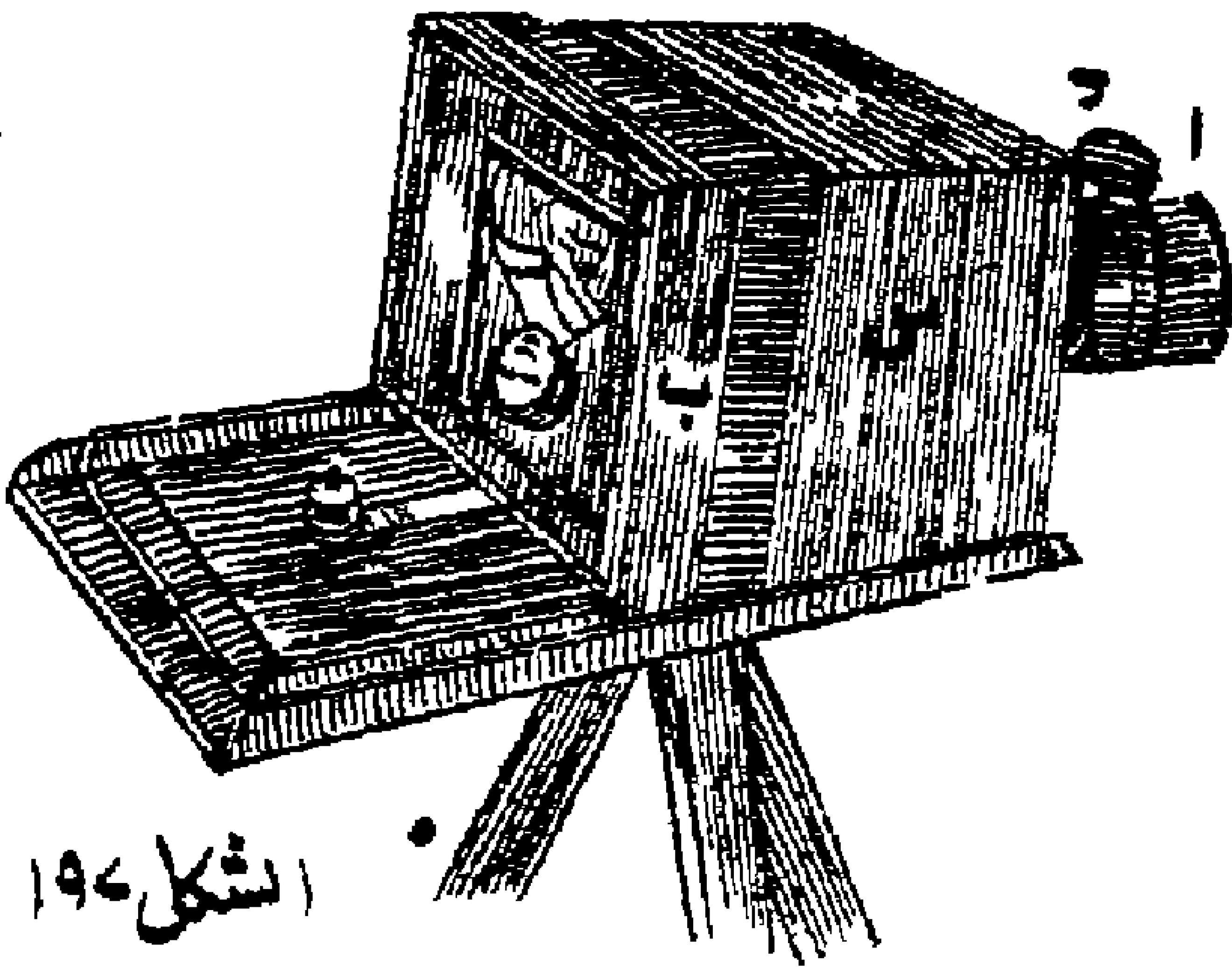
كما ترى في الشكل ١٩٥. وعلى ذلك تقع صور الشمس مستديرة على الارض بمرور شعاعها من خلال اوراق الاشجار.

غير ان الصورة لا تكون مستديرة الّا اذا كان الثقب صغيراً والحاجز الذي تصنع الضوء عليه موازياً له وبعيداً عنه. فان لم يكن موازياً له ظهرت الصورة اهليلجية وان كان قريباً منه ظهرت على شكل الثقب وكذلك ان كان الثقب كبيراً.

(٣١٩) **الخزانة المظلمة** * اذا ثقبنا جدار خزانة مظلمة ثقباً صغيراً فكل شيء ينعكس النور عنه ويدخل من ذلك الثقب تظهر صورته مقلوبة على الجدار المقابل وملونة بكل الوانه مهما كان شكل الثقب. واذا وضعت عدسية مزدوجة التحديب في الثقب ووضع حاجز ابيض في بؤرتها ازدادت الصورة جلاء عليه حتى انها اذا قومت استغنى بالنظر اليها عن النظر الى اشباحها وامكن الانسان ان يرسمها على الحاجز ولو جهل الرسم والتصوير



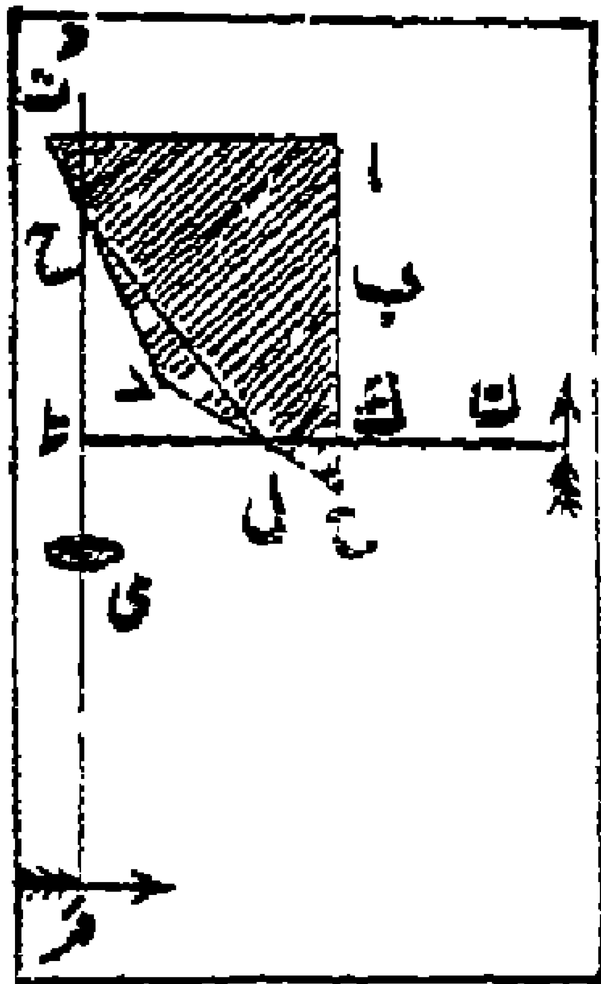
الشكل ١٩٦


شكل ١٩٧

وتقوم هذه الصورة كما يأتي: توضع المرآة المستوية اب (الشكل ١٩٦) تجاه الاشياء فتعكس صورها على العدسية د ذ و هذه تلقيها مقومة امام من يريد رسمها.

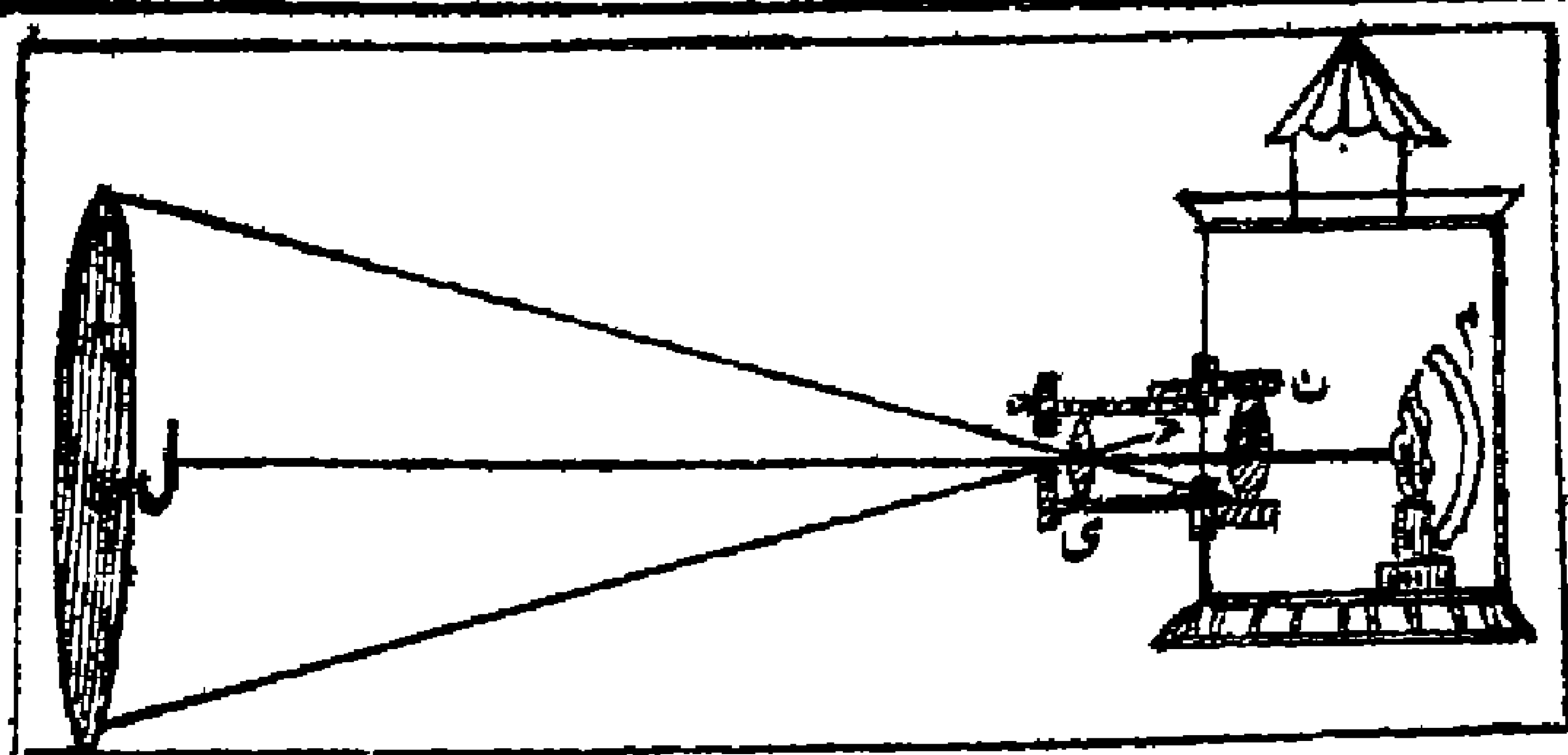
(٣٢٠) الفوتوغرافيا. الفوتوغرافيا التصوير بالنور ويكون ذلك بواسطة الخزانة المظلمة على ما يأتي: يقف الشخص مقابل العدسية المزدوجة التحديب ا (الشكل ١٩٧) فتقع صورته مقلوبة على لوح من الزجاج ى في براز ب يوضع جدار الخزانة المظلمة س. ويدير المصور لولباً لتقع بؤرة العدسية على لوح الزجاج وتنجلي الصورة ثم يبدل اللوح بلوح آخر مغشى بمزيج كيماوي تؤثر فيه الاشعة الكيماوية من ضوء الشمس فتصور صورة الشخص عليه وتسمى صورته هذه السلبية ثم تنقل عنه الى الورق فتقوم وتسمى الايجابية.

(٣٢١) الخزانة المنيرة. هذه ايضاً تستعمل لرسم الصور الطبيعية اجزاؤها الجوهرية منشور ذو اربعة اجناب زواياه مصنوعة على شكل ان الشعاع الافقية ن ل (الشكل ١٩٨) متى وقعت من الشيء م على السطح ج ذ تنعكس عنه من ل الى ح في السطح ذ ت ثم من ح الى السطح ا ت فتنفذه كما ترى عند د. فتوضع العين عند د فترى صورته عند م.


الشكل ١٩٨

واذا وضع هذا المنشور بحيث تنفذه الاشعة وتقع على العين وهي عند الزاوية ت رأت العين الصورة والحاجز الملقاة عليه فترسمها عليه

(٣٢٢) الفانوس السحري. هو آلة ترى الصور المرسومة على جسم شفاف مكبرة وهو مؤلف من علبة فيها مرآة مقعرة صقيلة م (الشكل ١٩٩) تعكس شعاع النور الذي قدامها على العدسية ن وهذه تكثفه على الصورة د التي توضع مقلوبة قدامها



الشكل ١٩٩

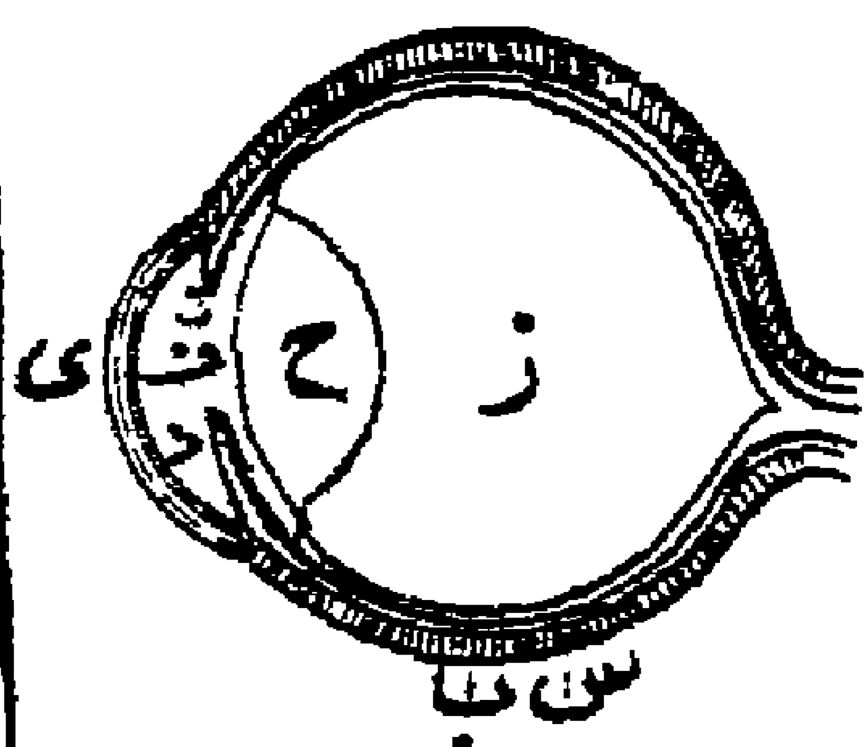
مرسومة على لوح من الزجاج. فتكبر العدسية ى صورة هذه الصورة وتلقيها على الحاجز
فى بؤرتها المتضمنة فتظهر واضحة مكبرة.

اخترع الفانوس السحرى يسوعىٌّ اسمه كرشر منذ نحو مائتى سنة وقد تفننوا كثيرا فيه
فمنه نوع تتحرك فيه العدسية ى فتقرب تارة الى اللوح المصور فتكبر صورته
وتبعد عنه اخرى فتصغرها. فاذا كان المصور عليه هيكلاً من العظام و
كبرت صورته وصغرت بما تقدم وبتقريب الفانوس وتبعيده عن
الستار المبسوط امام خال للناظر ان الهيكل يقترب منه و
يبعد عنه كانه حىٌّ وهذا ما يسمونه بالفَنْتَسْمَغُورِيا اى
مجمع الاخيلة. وقد يستعملون فانوسين سحريين معًا
ويضعون فيهما صورتين لشىء واحد فى حالين
من احواله كصورة بركان يقذف الدخان
من فوهته نهارًا وصورته يقذف النار
والحمم ليلا فيظهرون صورته الاولى
ثم يغلقون عليها ويظهرون
صورته الثانية فيخال
الناظر انه يرى البركان على اختلاف مناظره ليلاً ونهارًا وعلى ما تقدم يظهرون القمر طالعا بعد
غروب الشمس والبحر هائجا بعد السكون والجوّ مضطربا بعد الصحو. وهذه الآلة تسمى البليوراما
اى المتعددة المناظر.

الفصل الثامن

في العين والبصر

(٣٢٣) العين ــ العين آلة النفس لابصار المرئيات . وهي اكمل الآلات البصرية اتقاناً لانه قلما يعتريها الخطاء الكروي او اللوني ولانها تحكم نفسها بنفسها لتبصر المرئيات جلياً . وتستقطب النور اذا مر بها عليه . وهي موضوعة في تجويف من العظم يسمى الوقب ومؤلفة من ثلاث طبقات وثلاث رطوبات فالطبقات اولها الصلبة ا (الشكل ٢٠٠) وهي غشاء



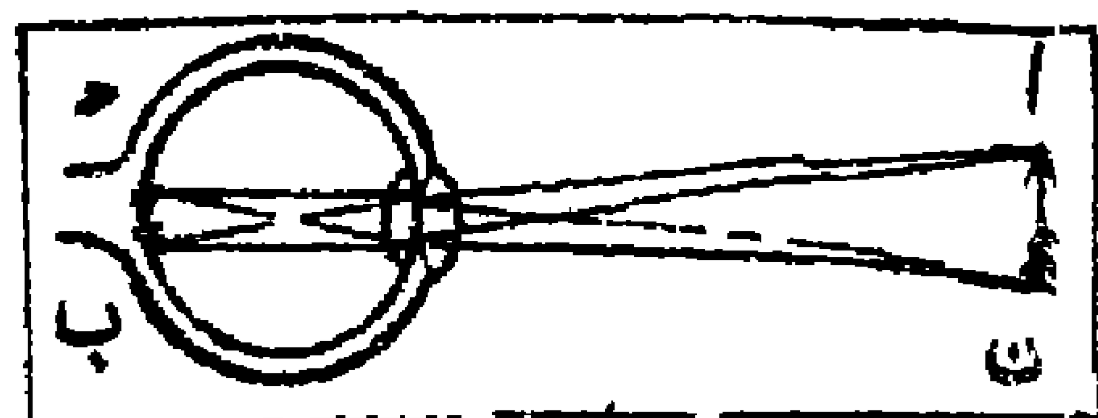
الشكل ٢٠٠

ابيض متين ظليل يحيط بباقي الطبقات الا ان في مقدمه مسقطة شفافة ى كزجاجة الساعة في شكلها وتركيبها كما تنزل زجاجة الساعة في حلقتها . وهذه القطعة تسمى القرنية . وثانيها المشيمية ب وهي ناعمة كالمخمل سوداء اللون فتمتص النور ومتوسطة بين الصلبة والشبكية . وثالثها الشبكية س وهي مكونة من انبساط العصب البصري الذي ينشأ من الدماغ ويدخل العين من مؤخرها .

والرطوبات اولها المائية وهي سائل صاف شفاف موضوع في غرفة ف وراء القرنية ويحد هذه الغرفة من ورائها حجاب د د منقوب من مركزه ويسمى القزحية وهذه لونها في البعض اسود وفي البعض ازرق وفي البعض اشهل الى غير ذلك . ويسمى الثقب الذي في وسطها البؤبؤ . وثانيها البلورية ح وهي جسم لدن املس شفاف كالعدسية المزدوجة التحديب ومؤلف كالبصلة من طبقات متراكزة . وهي اكثف في الوسط منها على الجوانب فتزيد قوتها في الوسط على تكسير النور فيزول منها الخطاء الكروي وموضعها وراء القزحية . وثالثها الرطوبة الزجاجية وهي جسم شفاف لزج كبياض البيض

التي تشغل ما بقي من الخلاء وراء البلورية داخل العين .

(٣٢٤) ارتسام الصور على العين . العين تشبه شيئا الخزانة المظلمة (عدد ٣١٩) فبؤبؤها



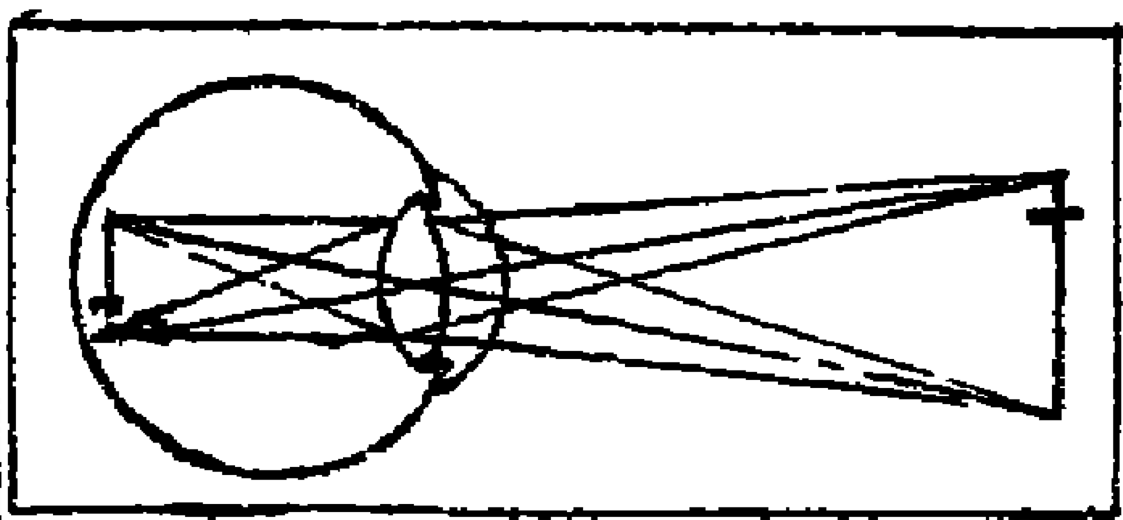
الشكل ٢٠١

بمنزلة الثقب وبلوريتها بمنزلة العدسية في الثقب وشبكيتها بمنزلة الحاجز الذي تلقى الصور عليه . فلنفرض ان ب ن (الشكل ٢٠١) شيء وقعت الشعاع منه على العين . فتنكسر اولاً في القرنية ثم في الرطوبة المائية ثم في البلورية كثيراً ثم في الزجاجية وتقع على الطبقة الشبكية فترسم الصورة مقلوبة عليها . وهذه تنقل تأثير النور فيها الى العصب البصري والعصب البصري ينقله الى الدماغ فيشعر العقل بالصورة . وعليه يلزم ان نرى الاشياء مقلوبة والواقع اننا نراها مقومة وقد اختلفوا في سبب ذلك ولعله ان العقل لا ينظر الى الصورة بل ينظر الى الشيء بواسطة الصورة فيرد عاليها الى اسافله واسافلها الى عاليه فيراه مقوماً . ولما كانت المشيمية سوداء اللون فهي تمتص النور لئلا يشوش الصورة بانعكاسه مرجعة الى جهة داخل العين

(٣٢٥) احكام العين وحد البصر الجلي . قد مرّ في العدسيّة المزدوجة التحديب انه كلما قرب الشيء منها بعدت بؤرتها المنضمة عنها فبعدت صورته وكلما بعد عنها قربت صورته منها (عدد ٢٧٧) فلو كانت العين تبقى على تحدُّب واحد لكانت الصورة تقع تارة على الشبكية وتارة امامها وتارة وراءها حسب قرب المرئيات من العين وبعدها عنها وكان الناظر لا يرى الاشياء جلية ما لم تقع على بعدٍ معلوم منه ويراها في ما عدا ذلك مشوّشة غير جلية . والواقع انه يراها جلية على ابعاد متفاوتة لان العين تحكم نفسها بحيث تنجلي لها الصورة في القريب وفي البعيد . ودليله انك اذا ادمت النظر الى شيء قريب ثم حوّلته بغتة الى شيء بعيد رأيته اولاً غير جلي ثم ينجلي بعد قليل . وما ذلك الا لان عينك تحكم نفسها بعد ريثما يلزم لوقوع الصورة على الشبكية . والمتفق عليه ان ذلك الاحكام يكون بان العين تزيد تحدُّب البلورية في النظر الى البعيد وتقلّله في النظر الى القريب بحيث تقع بؤرتها على الشبكية في الحالين .

غير انه وان كانت العين ترى الاشباح جلية على ابعاد متفاوتة فانها تراها على اجلاها اذا وقعت على بعد معين منها وتستقل جلاءها كلما ابعدت عنه ولذلك يسمى هذا البعد حد البصر الجلي وهو يختلف بحسب العيون والمعتاد ان يكون ما بين ١٠ و ١٢ قيراطا اذا كان الشبح صغيرا كالكتابة الصغيرة الحروف .

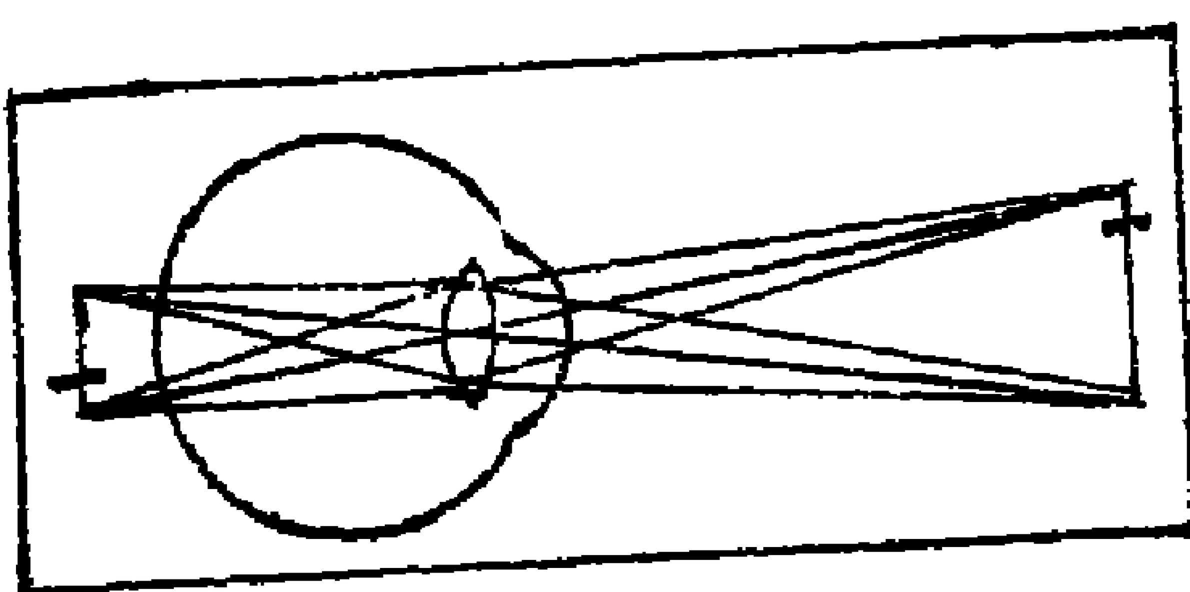
(٣٢٦) قصر البصر وطوله. اما الذي لا تنجلي له تلك الكتابة على هذا البعد بل على اقرب منه فيقال انه قصير البصر (ميوب) واما الذي لا تنجلي له تلك الكتابة الا على ابعد منه فيقال انه طويل البصر او مطرح (پرسبيوپ) فقصر البصر يحصل من زيادة التحدب في القرنية والبلورية . ولذلك اذا انكسرت اشعة شبح فيهما لم تجتمع في بؤرة على الشبكية نفسها بل امامها كما ترى ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٢ فتكون غير واضحة على الشبكية . فاذا قرب الشبح من العين اذ ذاك بعدت البؤرة عن البلورية ووقعت على الشبكية فانجلت صورته . وهذا هو السبب في كون القصير البصر يستجلي الاشباح عن اقرب من حد البصر الجلي وكذلك يستجليها ولو لم تقرب منه اذا خازر جفنيه اي قرب بينهما او اذا نظر اليها من ثقب صغير لانه حينئذ تقل الشعاع الداخلة الى العين ويمر اكثرها في مركز البلورية



الشكل ٢٠٢

فلا يتأثر كثيرا بالانكسار ولذلك تبعد البؤرة التي يجتمع فيها وتقع على الشبكية ويكثر قصر البصر في الاحداث ولكنهم كلما كبروا قل تحدب عيونهم حتى ان بصرهم يصطلح غالبا عند تأخر بصر غيرهم .

وطول البصر يحدث من تسطح البلورية بعكس قصر البصر فالاشعة التي تنفذها تجتمع او تلتقي في بؤرة وراء الشبكية كما ترى في ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٣ ولذلك لا ترى لها العين صورة جلية الا اذا ابعدت الاشباح عنها حتى تصير بؤرة الاشعة تقع على



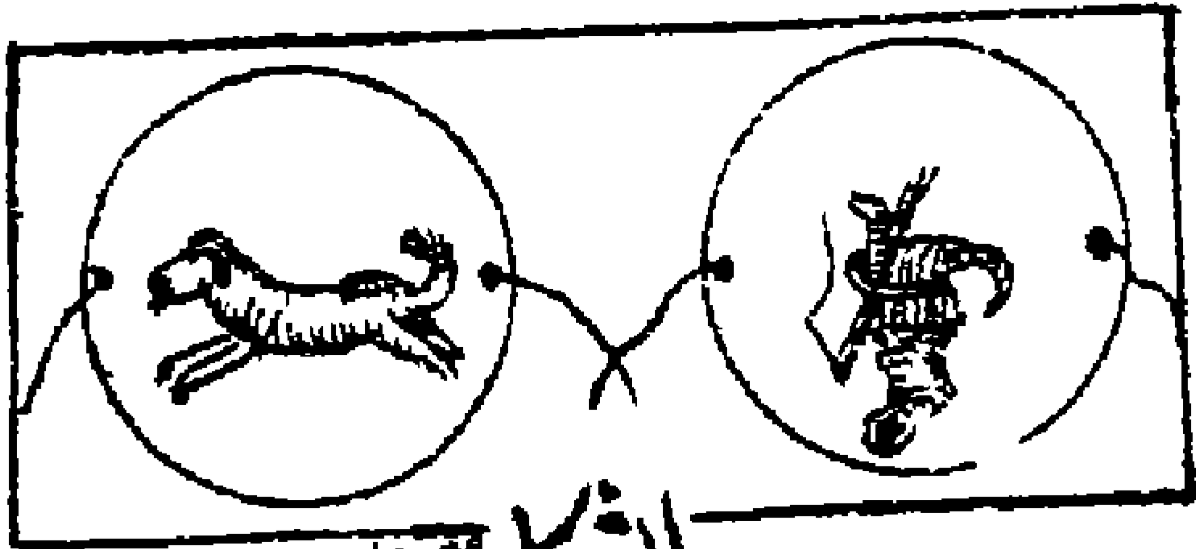
الشكل ٢٠٣

شبكيتها. وهذا هو السبب فى عدم انجلاء الصور فى لقرب للطويل البصر وهذه العلة تكثر فى الشيوخ لان البلورية تقسو فيهم وتقل مرونتها فتسطح على تمادى الايام.

ويصلح قصر البصر بوضع عدسيات (عوينات) مقعرة امام العين فتفرج الاشعة قبل وقوعها على العين حتى انها متى نفذت البلورية تلتقى على الشبكية وذلك بشرط ان يكون تفريج العدسية للاشعة بقدر زيادة تحدّب البلورية. ويصلح طول البصر بوضع عدسيات محدّبة امام العين فتضم الاشعة قبل انكسارها فى البلورية وتجعل موقع بؤرتها على الشبكية بشرط ان يكون ضمها للاشعة بقدر زيادة تسطح البلورية.

(٣٢٧) بقاء الاثر على الشبكية * ان الصورة التى ترسم على الشبكية لا تزول عنها حال زوال الشيء من امام العين بل تبقى نحو ثمن الثانية بعد زواله. ولذلك يظهر الدولاب ساكناً اذا زادت سرعة حركته. وتخط جذوة النار دائرة كاملة من النور اذا اديرت بسرعة. ويخط البرق خطاً متصلاً فى الجوّ والشهب خطوطاً نيرة فى السماء. فان هذه كلها تتحرك بسرعة عظيمة فلا تزول اثر صورتها الواحدة عن العين حتى يكون قد اضيف اليه اثر صورتها الثانية فتتصل الصور بعضها ببعض وترى العين الجذوة مثلاً حلقة من النار كاملة كما هى.

وعلى ما تقدم اخترعت العاب شتى يقال لها تومتروب (اى ادارة عجيبة) منها ان يقطع قرص من الكرتون وترسم صورة رجل على وجه من وجهيه وصورة كلب على الوجه الآخر وترى الصورتين بسوطتين فى الشكل ٢٠٣) ثم يربط خيط بجانب من القرص وخيط آخر بالجانب المقابل له


الشكل ٢٠٣

ويدار القرص بسرعة حتى تظهر الصورة الواحدة وراء الاخرى. فاذا تعاقبت الصورتان على العين بسرعة عظيمة اتصلت آثارهما على الشبكية فيظهر الرجل والكلب معاً والرجل على ظهر الكلب (١). وكما ان الاثر يبقى على العين برهة بعد زوال الشيء المؤثر فكذلك

(١) اذا اشتدّ تأثير النور على العين تعب عصب البصري وضعف تأثره بالنور ولذلك اذا اطال الانسان النظر

لا تتأثر العين حالاً بل بعد برهة من وقوع النور عليها من الشيء المؤثر فاذا اردولاب ذو عوارض ودار دائراً زائد السرعة لم تعد العين ترى العوارض لانها تزول من امامها قبلما يؤثر نورها فيها ‌.

(٣٢٨) الاشعاع :ـ قلنا ان العين تصلح الخطاء الكروي (عد ٣٢٣) ولكنها لا تصلحه تماما بل اذا وقع الضوء عليها من جسم منير استنارت اجزاء الشبكية المجاورة للاجزاء التي ترسم صورة الجسم عليها فيرى الناظر الجسم اكبر مما هو . ولذلك يظهر لهيب القنديل اكبر مما هو والقسم المنير من الهلال اوسع من القسم المظلم منه حال كون القسمين من قرص واحد .

(٣٢٩) العمى اللوني :ـ من العيون ما لا يرى بعض الالوان كما ان من الآذان ما لا يسمع بعض الاصوات . وهذا النقص يقال له العمى اللوني . ذكر الدكتور ويلسن ان ضابطاً من البحرية اشترى حلة رسمية سترتها زرقاء وصدرتها حمراء حاسباً انهما من لون واحد وان خياطاً رقع صدرية من الحرير الاسود برقعة قرمزية اللون وآخر ركب طوقاً احمر على جبة زرقاء وكان العلامة دلتن لا يرى الا الازرق والاصفر من الطيف الشمسي . فاتفق ان قلماً من شمع الختم الاحمر سقط من يده على العشب فلم يميز لونه من لون العشب :ـ هذا ومدى الاذن اوسع من مدى العين في التأثر بالمحسوسات فان الاذن تسمع احد عشر ديواناً من الاصوات واما العين فلا ترى اكثر من ديوان واحد من الالوان .

(٣٣٠) صغر الصور في العين :ـ ان قطر العين اقصر من قيراط ومع ذلك يرتسم على شبكيتها صورة ارض واسعة بكل ما فيها من النجاد والوهاد والسهول والصخور والمياه والاشجار والابنية والحيوانات مستوفية التفاصيل . فكان الشبكية شاطئ

(بقية صفحة ٢٦٤) الى جسم احمر مثلاً لم تعد عينه تتأثر باللون الاحمر . فاذا حول نظره حينئذ الى جسم ابيض لم ير اللون الاحمر من الوانه السبعة بل يرى تتمة اي يرى الجسم الابيض اخضر وذلك يوضح ما قيل (عدد ٢٨٩) .

وامواج النور تجرى اليه من كل النواحى وتغوص عنده الوقت بعد الوقت على الوف الالوف هذا ونحن نعجب لجمال ذلك المنظر ونغفل عن عجائب هذا الشعر.

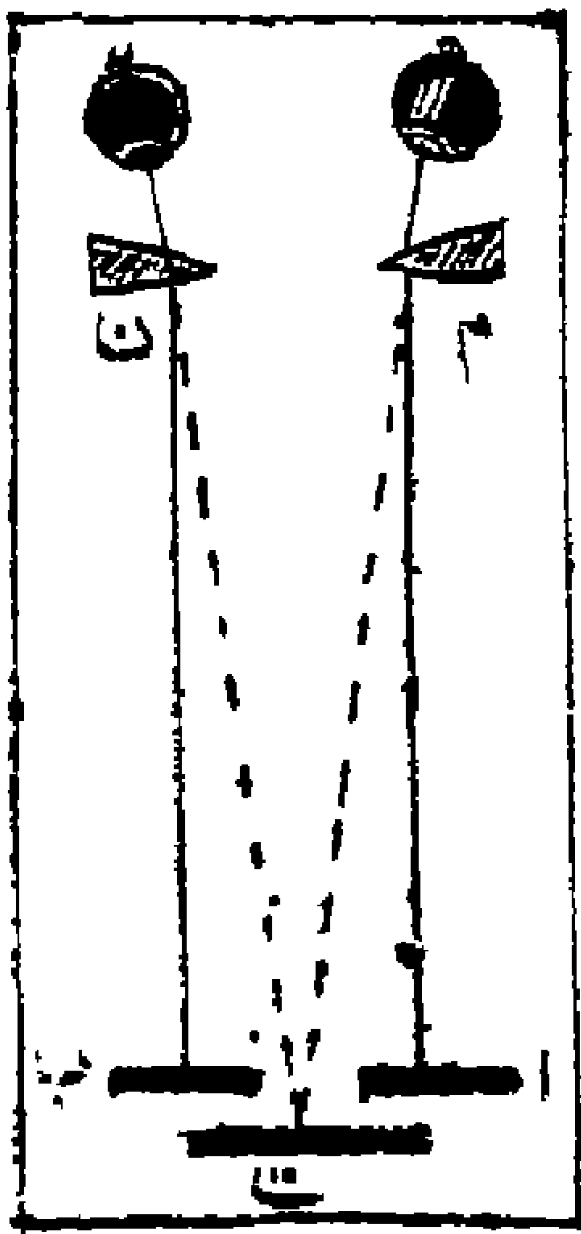
(٣٣١) البصر بالعينين — اذا اتجهت العينان الى شيء واحد ارتسمت له صورة على شبكية كل منهما ومع ذلك فالناظر يراه مفرداً لا مزدوجاً. وقد اختلفوا كثيراً فى تعليل ذلك ولعل تعليله ان الشبكيتين مثل فرعين كبيرين متفرعين على اصل واحد وكل جزء من هذا الاصل مهما صغر يتفرع فرعين احدهما يذهب الى الفرع الواحد والآخر الى الفرع الآخر. فاذا اتجهت العينان الى الشيء اتجاها واحداً ارتسمت صورته على الاجزاء المتوافقة من الشبكيتين ونقلت الشبكية الواحدة تأثير صورتها الى نفس الاصل الذى تنقل الشبكية الاخرى تأثير صورتها اليه فيرى العقل الصورتين صورة مفردة. ولا فرق بين ان يرى الانسان المرئيات بعين واحدة او بعينين الا بان العينين تؤديان الى العقل صورة اوضح من التى تؤديها العين الواحدة وتجسمان المرئيات كما سيأتى فى الستيريسكوب وذلك لا يكون بالعين الواحدة فى الغالب.

واعلم ان العقل لا يرى الشيء مفرداً ما لم تتجه العينان معاً اليه او بالاحرى ما لم يتجه محورهما البصريان (١) اليه فاذا اتجهت احداهما اليه ولم تتجه الاخرى مثلها ظهر الشيء مزدوجاً كما يحدث فى الحول وكما يحدث ايضاً اذا ضغط الانسان مقلة واحدة حتى لا تتحرك كالاخرى فانه يرى الجسم جسمين وكل شيء يظهر للعينين فرداً الا ما تتجهان اليه. فاذا وضعت اصبعك بينك وبين القنديل ووجهت عينيك الى القنديل رأيته مفرداً ورأيت اصبعك مزدوجة.

(٣٣٢) الستيريسكوب — الستيريسكوب كلمة مركبة من لفظتين يونانيتين معناهما الشعور بالتجسم. وهو آلة ترى بعض الصور المسطحة مجسمة اخترعه هويتستون وحسنه بروستر. وبيانه: ان العينين اذا نظرنا الى شيء مسطح كالصورة

(١) اذا كانت العين سالمة فمحورها البصرى خط مستقيم يمر بمركز كل من البلورية والبؤبؤ والقرنية الى الشيء.

على الورق رأت كل منهما نفس ما تراه الاخرى واما اذا نظرنا الى جسم متعدد السطوح كالكتاب رأته العين اليمنى مختلفا قليلا عما تراه اليسرى لانها ترى من بعض جهاته ما لا تراه اليسرى وبالعكس وبذلك يتميز لنا الجسم عما ليس مجسما.



فاذا صور شيء صورتين الواحدة كما تراه العين اليمنى والاخرى كما تراه العين اليسرى ونظرت كل عين الى صورتها من وراء منشور او عدسية ظهرت الصورتان صورة واحدة مجسمة كانها الشيء نفسه. ترى (الشكل ٢٠٥) الصورتين

الشكل ٢٠٥

ا و ب والعينان تنظران اليهما من وراء منشورين م و ن وهذان المنشوران منحوتان حتى ان م يكسر الشعاع الآتية من ا فترى العين الصورة ب عند ت ايضا فباجتماع الصورتين في واحدة مع موافقة كل منهما لما تراه العين الناظرة اليها في الشيء المجسم تنخدع العينان فتحسبانهما شيئا مفردا مجسما.

(٣٣٣) مسائل للتمرين (١) لماذا تكون القوس الفرعية اخفى من الاصلية والوانها بعكس الوانها. (٢) لماذا لا ترى المرئيات من وراء زاوية البيت ولا من انبوبة ملتوية (٣) نريد ان نصور رجلا لدهليز مظلم فبأي لون نلونه حتى يظهر كذلك. (٤) هل الابيض والاسود لونان ولا فما هما (٥) اذا قربنا الشيء من الضوء ايصغر ظله ام يكبر ولماذا (٦) كم يلزم ان يكون طول المرآة حتى تجعل طول صورة الناظر قدر طوله. الجواب نصف طول الناظر. (٧) في اي جهة تظهر قوس قزح صباحا. (٨) هل يرى كل من الناظرين نفس القوس التي يراها الآخر. (٩) لماذا ينبهر بصر من يخرج من الظلام الى النور الساطع. الجواب لان بؤبؤ العين ينقبض اذا اشتد النور عليه فيضيق ويقلل مقدار النور الداخل اليها. وينبسط في الظلام فيتسع ليدخل ما تيسر من النور اليها. ولذلك يخرج الانسان من الظلام وبؤبؤ عينيه متسع فيكثر النور الداخل اليها وينبهر بصره الى ان يضيق البؤبؤ. (١٠) لماذا يبصر الهر ليلا. الجواب

لان بؤبؤه مشقوق طولا فينسع فى الظلام بقدر الحاجة (۱۱) لماذا لا يبصر البوم نهاراً. الجواب لان بؤبؤه مسع جداً ولا يضيق بقدر المطلوب فتكثر اشعة الشمس على شبكية عينه فتبهرها (۱۲) اذا كان نور الشمس على سيار $\frac{1}{16}$ من نورها علينا فما بعد السيار عن الشمس بالنسبة الى بعد ارضنا عنها. (۱۳) اذا كان نور المصباح على كتاب فى يدى معلوماً وانا على بعد ست اقدام عنه فكم ينقص اذا بعدت عنه ست اقدام اخرى. (۱۴) لماذا تظهر نقط المطر النازلة كالخيوط. (۱۵) لماذا يعمق لون المنشفة اذا ابتلت بالماء. (۱۶) أفى الشيء المنظور يكون اللون ام فى عقل الناظر (۱۷) لماذا تكون رغوة الصابون ظليلة حال كون الهواء ومذوب الصابون شفافين. (۱۸) لماذا تبيض عقيدة الدبس اذا مُطّت. (۱۹) لماذا يصير لون الطلاء فاتحاً بعد ما ينشف. (۲۰) لماذا يستعمل المصور بالشمس ضوءاً لكازفى الغرفة المظلمة. (۲۱) لماذا ترتسم الصورة مقلوبة على الخزانة المظلمة (۲۲) لماذا تظهر الصورة الثانية اوضح من الاولى فى الشكل ۱۵۰ (۲۳) يقولون تلطمك لطمة تريك نجوم الظهر فهل ترى اللطمة نوراً. الجواب اذا كانت اللطمة على الراس فربما هيجت العصب البصري فيتأثر كما يتأثر بالنور فيشعر بنور ولا ضوء فى الخارج (۲۴) لماذا يرى السكران الاشياء مزدوجة

✦



الباب التاسع

فى الحرارة

الفصل الاول

فى ماهية الحرارة ومصادرها

(٣٣٣) حدود ـ الحرارة المنيرة هى التى يشعها الجسم المنير كحرارة حديدة أُحميت حتى ابيضّت. والحرارة المظلمة هى التى يشعها الجسم المظلم كحرارة حديدة أُحميت قليلاً ـ والجسم الدياثرمى هو الذى تنفذه الحرارة كما ينفذ النور الجسم الشفاف كحجر الملح الذى هو اصلح الاجسام لنفوذ الحرارة. والجسم الأثرمى هو ما لا يصلح لنفوذ الحرارة ـ والبرد لفظة اضافية يراد بها قلة الحرارة ـ والبخار والغاز شيئان لا يختلفان الا بكون البخار يسهل تحويله عمّا هو والغاز يعسر تحويله عما هو. فبخار الماء يتحوّل الى غيره بانحطاط حرارته قليلاً واما غاز الهواء فلا يتحوّل عمّا هو كذلك

(٣٣٥) ماهية الحرارة في ماهيّة الحرارة قولان احدهما انها مادّة والآخر انها حركة. فأصحاب القول الاول يذهبون الى ان الحرارة سائل لطيف يتخلل دقائق الاجسام كما يتخلل الماء الحصى في مسيلٍ من الماء. فاذا طُرِق الجسم حتى تقترب دقائقه بعضها الى بعض خرجت الحرارة منه كما يخرج الماء من الخرقة اذا اعتُصِرت. ويزعمون ان سوائل الحرارة هذه اذا احاطت بدقائق الاجسام دفعت بعضها بعضاً وابعدت الدقائق بعضها عن بعض فتضادّ بذلك قوة جاذبية الملاصقة (عد ٢٥) وانها اذا دخلت الى اجسادنا شعرنا بالحرّ واذا خرجت منها شعرنا بالبرد.

واصحاب القول الثاني يذهبون الى ان دقائق كل جسم متحركة فيه على الدوام كما ان كواكب الكون متحركة فيه على الدوام فكلما ازدادت سرعتها زادت حرارته وكلما نقصت سرعتها نقصت حرارته فزاد برده. وبيان ذلك ان الاثير يشغل كل حيز بين دقائق الاجسام فاذا تحرك حركها ثم تحرك بها كما ان الهواء اذا هبّ حرّك الاغصان ثم تحرك بها فتحصل الحرارة من حركة دقائق الجسم ودقائق الاثير. مثال ذلك اذا وضع طرف قضيب من الحديد في النار تحركت دقائقه التي في النار تحركاً عنيفاً وصدمت التي بجانبها وهذه تصدم التي بجانبها وهلمّ جرّاً حتى تنتقل الحركة على دقائق القضيب كلها من الطرف الواحد الى الطرف الآخر ثم اذا امسك واحد بطرفه صدمت دقائقه دقائق يده واتصلت الى دقائق اعصاب الحس التي في اليد فتحرك هذه حتى تبلغ حركتها الى الدماغ فتشعر النفس شعوراً مؤلماً هو الم الحرق فيقول المحترق ان هذا القضيب حارّ. واما اذا لم يمسك بالقضيب بل ادنى يده منه شعر بحرارة غير مؤلمة كالحرارة الاولى بل الطف منها. فهذه الحرارة حركة تنتقل

ـــــــــــــ

[١] يقال ان الحركة تنتقل على الاعصاب بسرعة ٣٠ قدماً في الثانية. فاذا داس رجل طوله ست اقدام على جمرة من النار لم يرفع قدمه عنها الا بعد ثمن الثانية تقريباً لان هذا الزمان يقتضي للنفس حتى تشعر بالم الحرق وتأمر الاعصاب برفع القدم عن الجمرة المحرقة.

الى اعصابه ليس بتحريك القضيب لدقائق يده راسا بل بتحريك دقائق الاثير التي حول دقائق القضيب وهزها لدقائق يده. وهذا هو القول المعوّل عليه الآن

(٢٣٦) علاقة الحرارة بالنور — بين الحرارة والنور علاقة شديدة فاذا وُضعت حديدة باردة في النار لا تبقى مظلمة بل تصير حمراء منيرة كجذوة النار واذا احميت شريطة من البلاتين شعرت بحرارتها المظلمة خارجة منها ولكنك لا ترى لها لونا. واما متى زدت حرارتها فتبيضّ وترى لها اولاً لونا احمر ثم برتقاليا متركبا معه ثم اخضر وهكذا حتى تجتمع فيها كل الوان الطيف فتراها بيضاء ساطعة. ومثل الحديد كل الاجسام فانها تنير على درجات معينة من الحرارة. وفضلاً عما تقدم من العلاقة تنعكس الحرارة وتنكسر وتستقطب كالنور وتسير مثله في خطوط مستقيمة الى كل الجهات بالسواء وتنقص شدتها بقدر زيادة مربع البعد كما تنقص شدّته وتجري بسرعة جريه. ولذلك يظن انهما شيء واحد وان النور حرارة مضيئة وان كل الفرق بين اشعته واشعتها والاشعة الكيماوية في الطيف الشمسي هو في عدد اهتزاز دقائقها. فاذا كان عدد اهتزازات الدقائق قليلا حصل منها الشعور بالحرارة عند وقوعها على اعصاب الحس العام. واذا كان عدد اهتزازات الدقائق عظيما حصل منها الشعور بالنور من اللون الاحمر الى اللون البنفسجي. واذا كان عدد اهتزازات الدقائق اعظم فقصرت امواجها جدًّا حصل منها الاشعة الكيماوية

ثم ان اهتزاز الحرارة يكون على درجات شتى فان كان على ابطأ ما كانت الحرارة لطيفة وان كان على اسرعه تكون لذاعة كما ان سرعة اهتزاز الهواء اذا زادت احدثت صوتا عاليا واذا قلت احدثت صوتا منخفضا (عد ٢١٣) وسرعة اهتزاز الاثير في النور اذا زادت احدثت اللون البنفسجي واذا قلت احدثت الاحمر (٣٨٣) فالدرجات في الحرارة بمنزلة العلو في الصوت الموسيقي والالوان في النور.

(۲۳۷) مصادر الحرارة: مصادر الحرارة اى ما تصدر منه الحرارة ثلاثة: مصادر طبيعية ومصادر ميكانيكية ومصادر كيمية.

فالمصادر الطبيعية الشمس والنجوم والارض والكهربائية. فالشمس جسم مشتعل منه معظم حرارتنا وقد حسبوا ان ما يصل من حرارته الى الارض في سنة يكفي لتذويب طبقة من الثلج تحيط بالارض وسمكها اكثر من مئة قدم ومع ذلك فلا يصلنا الا ۱......۲۳۸ من حرارتها. وقد قدروا ان النجوم ترسل الينا نحو اربعة اخماس حرارة الشمس. الا ان حرارة الشمس والنجوم تنزل في الارض بين خمسين قدما ومائة قدم فقط ومع ذلك فالحرارة تزداد بزيادة العمق لان الارض نفسها حارة. والمظنون ان حرارتها من نيران تشتعل باطنها كله او بعضه. اما كون كهربائية الهواء مصدرا للحرارة فواضح من البرق الذي اذا اصاب الرمل او المعادن صهرها من شدة حرارته. وتتولد حرارة هذه المصادر من اهتزاز دقائقها اهتزازا سريعا على الدوام بتموج الاثير فيتموج حتى يصل منا فتنتقل الحرارة الينا.

(۲۳۸) والمصادر الميكانيكية هي الاحتكاك والطرق والضغط. فاذا احتك جسم باخر ظهرت الحرارة من احتكاكهما. وعليه يشعل بعض البرابرة النار بحك حطبة بحطبة. والالات المتحركة تحمى بحكها بعضها على بعض وربما اتقدت اذا لم يقلل احتكاكها بالزيت والدهن. فقد ثقب مغرد مدفعا من نحاس فتولد معه من الحرارة في ۲½ ساعة ما يغلي ۲۶½ ليبرا من الماء الذي حرارته ۳۲° ف. وسبب ظهور الحرارة من الاحتكاك هو ان الاحتكاك يزيد حركة دقائق الاجسام سرعة فتزداد حرارتها. واذا طرق الحداد حديدة تحمى حتى تضيء من الحمو. والبيطار قد يشعل سيكارته من مسمار يطرقه بسرعة ويقوم على سندانه نحو اثوان ماسكا اياه بملقط ونحوه اذا لم يتيسر له نار لاشعالها. واذا اصاب حافر الفرس حجرا فربما اوري نارا لان نضوته تصدم

الحجر فتظهر حرارة تحمى ما يتطاير منها حتى يضئ. واذا اطلقت قنبلة المدفع على غرض من الحديد اندفق النور منه عند صدمها له. ولو صدمت ارضنا شيئاً فوقفت بغتةً عن حركتها التولد من ذلك حرارة تحول لها هي وكل ما عليها الى بخار لان سرعة دورانها في فلكها حول الشمس تنيف على ٦٨٠٠٠ الف ميل في الساعة فاذا وقفت تحولت كل هذه الحركة الى حرارة. وسبب ظهور الحرارة من الطرق هو انه يحرك دقائق الجسم حركة سريعة جداً فيزيد حرارتها وربما زاد سرعتها حتى تموج الاثير تموجاً يحدث النور عند وقوعه على العين. واذا ضغطت خشبة بالمكبس المائي حميت. واذا وضعت صوفانة في اسفل مدك وادخل هذا المدك ادخالاً محكماً في انبوبة متينة الجدران كما ترى في الشكل ٢٠٦ انحصر الهواء الذي يشغلها وانضغط تحت المدك انضغاطاً شديداً فتظهر من انضغاطه حرارة تشعل الصوفانة ولا تنقص عن ٥٥٢° ف



الشكل ٢٠٦

(٣٣٩) والمصادر الكيميّة هي في التركيب الكيمي وهو عبارة عن اتحاد جسم بجسم آخر بما بينهما من الالفة. وهذا الاتحاد تظهر منه حرارة على المعتاد. الا انه اذا كان بطيئاً كحدوث الصدأ من اتحاد الحديد بأكسجين الهواء لم يُشعر بالحرارة التي تظهر حينئذٍ لانها تتبدد حالما تظهر واما اذا كان سريعاً فتظهر كما في اشتعال الحطب فان الاشتعال يحصل من اتحاد الاكسجين الذي في الهواء بالهيدروجين

والكربون اللذين في الوقود لان بينه وبينهما الفة فيهجم عليهما ويهجمان عليه ويصطدم الفريقان عند التقائهما فيقفان وتهتز دقائقهما وتهز الاثير الذي حولها فتموجه امواج حرارة وامواج نور. ومن هذا القبيل حرارة الحيوانات فانها تحصل على ما يظن من اتحاد اكسجين الهواء الذي تستنشقه بالهيدروجين والكربون اللذين في طعامها

(٣٤٠) عديل الحرارة الميكانيكي * كل ما تقدم من الامثلة عن تحول الحركة الى حرارة لا يفقد فيه شيء من القوة. فان الحداد الذي يطرق على السندان مطرقة لا تتلاشى قوته التي طرق بها بل تتحول الى قدر معين من الحرارة ولو امكن جمع هذه الحرارة واستعمالها لرفعت المطرقة عن السندان الى العلو الذي انزلتها يد الحداد منه. فلا قوة تتلاشى وانما تتحول من صورة الى اخرى

وقد وجد جول الانكليزي بتجارب متعددة انه اذا وقع جسم ثقله ليبرا من علو ٧٧٢ قدماً تولدت من حركة ووقوعه حرارة ترفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجة واحدة: وبالعكس اي ان الحرارة اللازمة لرفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجة واحدة ترفع جسماً ثقله ليبرا الى علو ٧٧٢ قدماً ويسمى هذا الناموس ناموس جول او عديل الحرارة الميكانيكي لانه يبين ما تعدله الحرارة اذا تحولت الى قوة ميكانيكية —

الفصل الثاني

في تغيير الحرارة للاجسام

(۳۴۱) الحرارة الظاهرة والمختفية والنوعية : اذا احمينا جسما من الاجسام انقسمت قوة الحرارة الى قسمين احدهما يزيد سرعة الدقائق المؤلفة منها الجسم فيرفع درجة حرارته والآخر يبعد الدقائق بعضها عن بعض فيمدده اي يكبر حجمه . والاول يُشعَر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة الظاهرة والثاني يبذل في مقاومة جاذبية الملاصقة فلا يُشعر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة المختفية . وتتأثر الاجسام تأثرا مختلفا بكل من هذين القسمين فمنها ما يتمدد كثيرا وترتفع درجة حرارته قليلا ومنها ما هو بالعكس . ولذلك اذا أحميت اجسامٌ متعددة بحرارة واحدة لم يلزم ان ترتفع حرارتها الى درجة واحدة . ولا يلزم اذا كانت درجة حرارتها واحدة ان يكون مقدار الحرارة في كل منها واحدًا . فبخار الماء حرارته على درجة حرارة الماء الغالي ولكن يحتوي من الحرارة المختفية ما لا يحتويه الماء الغالي ولاجسم آخر الا الهيدروجين الذي يحتوي اكثر منه .

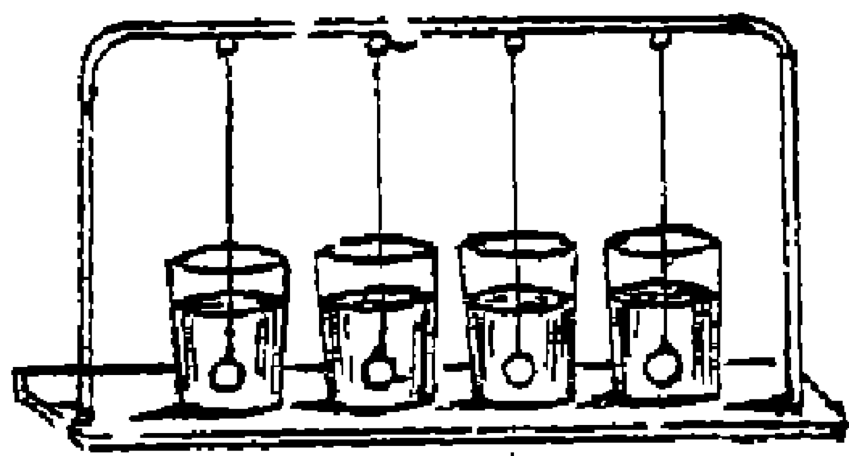
ويحسب الماء قياسا تقاس عليه الحرارة النوعية لباقي الاجسام . فالحرارة النوعية لكل جسم هي النسبة بين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ثقل معيّن من ذلك الجسم درجة واحدة وبين المقدار

اللازم من الحرارة لرفع حرارة ذلك الثقل من الماء درجة واحدة.
مثاله: الحرارة التى ترفع ليبرا من الماء درجةً واحدةً ترفع ليبرا من الزئبق ٣٣ درجة فالمقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة الزئبق درجة واحدة فقط هو $\frac{1}{33}$ من الحرارة اللازمة لرفع الماء كذلك.
فتكون حرارة الزئبق النوعية او قابليته للحرارة ٣٣٪ من الواحد على فرض حرارة الماء النوعية او قابليته للحرارة واحدًا

(٣٤٣) استعلام الحرارة النوعية: اولاً تُستعلم الحرارة النوعية للسوائل كما يأتى: احمِ مقدارًا معيّنًا من السائل حتى يصير على درجة معلومة من الحرارة ثم امزجه بمقدار يساويه من الماء ولكن درجة حرارته دون درجة حرارة السائل واستعلم حرارة المزيج فتكون ادنى من حرارة السائل واعلى من حرارة الماء. ثم قل نسبة ما خسره السائل من الحرارة بالمزج الى ما ربحه الماء بالمزج كنسبة واحد الى الحرارة السائل النوعية. مثاله: احمينا اوقية من الزئبق حتى صارت حرارتها على درجة ٢١٣ ف. وصببناها فى اوقية من الماء حرارتها على درجة ٣٢ ف. فوجدنا حرارة المزيج على درجة ٣٥،٢٥ اى ان الزئبق قد خسر من حرارته ١٧٧،٧٥ والماء قد ربح على درجة حرارته ٣،٢٥ فنقول نسبة ١٧٧،٧٥ : ٣،٢٥ :: ١ : الى الحرارة النوعيّة للزئبق وهى ٠،٣٣٪.

ثانيا وتستعلم الحرارة النوعية للجوامد كما يأتى: تُصبّ كميات متساوية من الماء البارد فى كؤوس من الزجاج (الشكل ٢٠٧) وتؤخذ اجسام مساوية لعدد الكؤوس ومتساوية وزنًا مما يراد معرفة حرارته النوعية. ثم تُغمس هذه الاجسام معًا فى الماء الغالى حتى تصير حرارتها كحرارة الماء الغالى وترفع وتدلّى فى كؤوس الماء البارد وتُترك هنيهة حتى توصل حرارتها

الى الماء. فكل جسم منها يرفع درجة حرارة الماء بحسب حرارته النوعية فاذا كانت حرارتها النوعية
متساوية رفعت حرارة الماء الى درجة واحدة والا رفعتها ارتفاعا متفاوتا.
فالرصاص يرفعها اقل من القصدير والقصدير اقل من النحاس الاحمر



الشكل ٢٠٧

وهذا اقل من الحديد. فيستعلم الفرق بين حرارتها قبلما غمست فى الماء البارد وحرارتها بعدما غمست فيه. وتستعلم منه حرارتها النوعية على النسبة المتقدمة فى الطريقة الاولى[1]

اى نسبة ما يخسره جسم كالرصاص مثلا من الحرارة : ما يربحه الماء البارد :: ١ : الحرارة النوعية من ذلك الجسم

(٣٤٣) بقاء الحرارة المختفية * كلما تحوّل الجامد الى سائل او تحوّل السائل الى غاز تحوّلت الحرارة الظاهرة فيه الى حرارة مختفية. فكل من يغلى الماء او يذوّب الثلج يعلم ان الماء لا يغلى والثلج لا يذوب الا بوضعهما على النار او نحوها حتى تتصل حرارتها اليهما وتختفى فيهما. ولكن هذه الحرارة لا تتلاشى بل تصير حرارة ظاهرة حالما يرجع البخار سائلا والسائل بخارا. فاذا وضع الانسان ماء على كفه سخن الماء بحرارة كفّه وتحوّل الى بخار فيشعر الانسان

[1] الحرارة النوعية

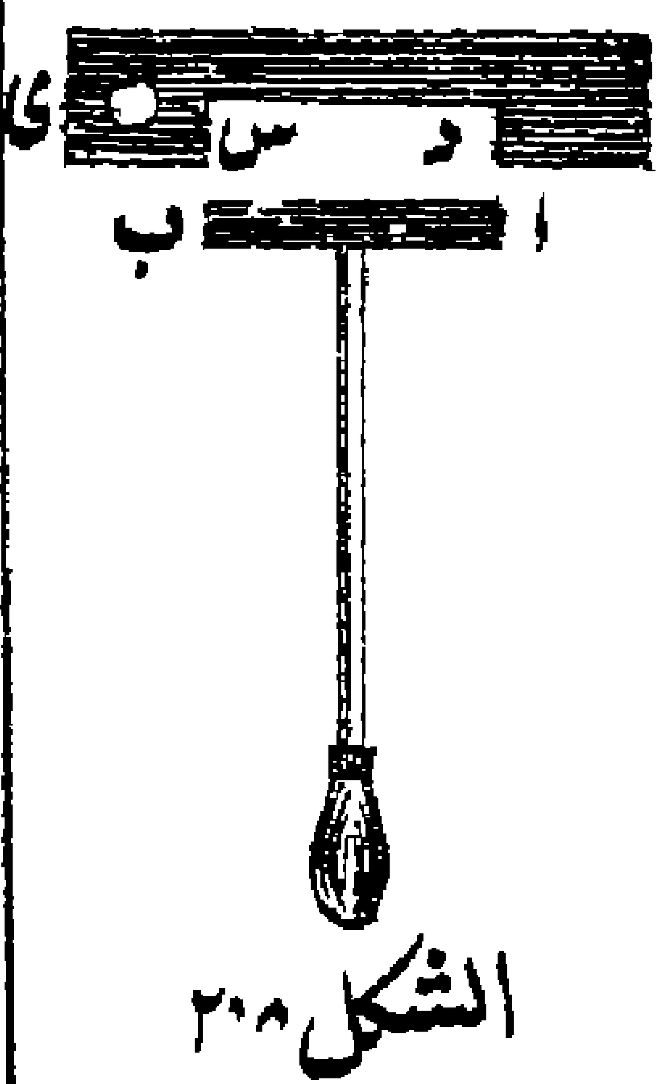
للماء	١،٠٠٠٠	للنحاس الاحمر	٠،٠٩٥١
للفحم	٠،٢٤١١	للفضة	٠،٠٥٧٠
للكبريت	٠،٢٠٢٥	للزئبق	٠،٠٣٣٣
للماس	٠،١٣٦٩	للذهب	٠،٠٣٢٤
للحديد	٠،١١٣٨	للبلاتين	٠،٠٣٢٤
للتوتيا	٠،٠٩٥٥	للرصاص	٠،٠٣١٤

ببرودة الماء لان حرارة كفه انتقلت اليه واختفت في بخاره. واذا انكاثف البخار على كف الانسان شعر بسخونته لان البخار المتكاثف يرد كل الحرارة التي اختفت فيه الى الكف. وعلى ما تقدم يكون جمود الماء من باب التسخين وذوبان الثلج من باب التبريد خلافاً لما يتوهمه الانسان من اول وهلة. فلنا مما تقدم هذه القاعدة وهي انه اذا تحوّل جسم الى الطف منه اختفت فيه الحرارة واذا تحوّل الى اكثف منه ظهرت منه الحرارة —

(٣٤٤) الامزجة المتجمدة * ان بعض الاجسام اذا مُزجت معاً بردت حتى تصير كالجليد على مبدأ الحرارة المختفية. واشهر هذه الامزجة مزيج البوزة وهو ملح وثلج يمزجان معاً. فالملح له ميل شديد الى الماء ولذلك يذوّب الثلج حتى يلاقي الماء ويذوب فيه. ولكن يذوبان الثلج والملح معاً الذي تساعده حرارة الحليب يمتص مذوّبهما حرارة وافرة من الحليب تختفي في المذوّب لما مرّ. ومتى قلّت حرارة الحليب يبرد فيجمد ويعرف اذ ذاك بالبوزة

(٣٤٥) التمدّد * قلنا (عد ٣٤١) ان الحرارة تؤثر في الاجسام تأثيرين احدهما انها ترفع درجة حرارتها والثاني انها تمدّدها اي تكبر حجمها. فهذا الاخير يكون بانها تزيد حركة دقائقها سرعةً فتبعدها بعضها عن بعض بعداً اعظم مما كانت عليه ولذلك تشغل الدقائق حيزاً اعظم من الذي كانت تشغله. واذا قلت حرارتها اقتربت من بعضها البعض وشغلت حيزاً اصغر. وعلى ما تقدم يقال ان الحرارة تمدد الاجسام والبرد يقلصها —

(٣٤٦) تمدّد الجوامد ٭ يظهر تمدد الجوامد بالحرارة مما ياتي :
خذ قضيبا من الحديد ا ب (الشكل ٢٠٨) يدخل وهو على حرارت الاعتيادية في س د ويدخل قطره في الثقب ى . فاذا احمي يتمدد طولا فلا يدخل في س د وثخنا فلا يدخل في الثقب ى ٭ وقد عرفوا من تمدد الجوامد طولا وجرما انها تتمدد تمددا قياسيا لانه كلما ارتفعت درجة حرارتها ارتفاعا معينا ازداد تمددها ازديادا معينا ايضا غير ان مقدار تمددها هذا متفاوت فالتوتيا تتمدد اكثر من الحديد والحديد اكثر من الزجاج



الشكل ٢٠٨

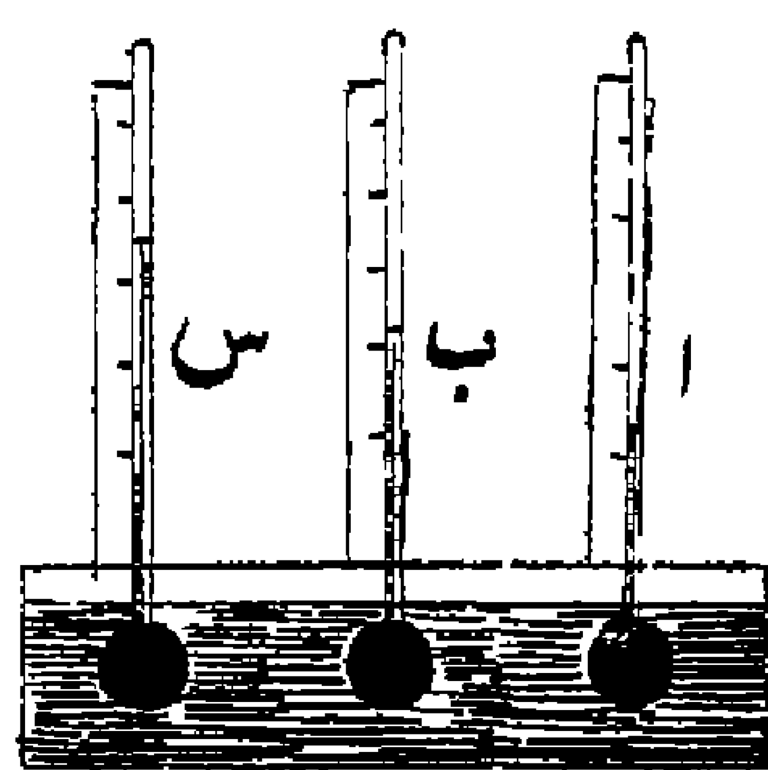
ولهذا التمدد قوة لا تقاوم فقد حسبوا انه اذا احمي قضيب حديد من درجة ذوبان الجليد الى درجة غليان الماء تمدد وضغط ما يلصقه ضغطا يعادل ضغط ...١٦٠٠ ثقل من ثقله ثم اذا برد تقلص بتلك القوة عينها . وسبب ذلك واضح لان القوة التي يتمدد بها الجسم قيراطا في الطول تعادل قوة تمطه قيراطا ٭ وقد استخدمت قوة التمدد والتقلص في كثير من الاعمال . من ذلك ان اطر الدواليب يركبونها حامية عليها حتى انها متى بردت تتقلص فتتشبث بها تشبثا متينا . والمسامير التي يسمرون بها خلاقين البخار يضعونها حامية حمراء حتى تتقلص بعد ذلك وتربط اجزاء الخلاقين ربطا شديدا بعضها ببعض . ولما وقع الخلل في جدران دار الصناعة بباريس فتباعد بعضها عن بعض ادخلوا فيها قضبانا من الحديد واحموها فتمددت ثم شدوها باللوالب فلما بردت تقلصت فقصرت وردت الجدران الى استقامتها

وكما انه ينتفع بتمدد الاجسام كذلك يجب ان يحترس من ضرره .

ففى مدّ انابيب الماء تحت الارض يدخل طرف الانبوب الواحد فى طرف الآخر يسيراً حتى انهما اذا تمددا او تقلصا يجدان موضعاً لذلك. واذا غمست اكواب الزجاج باردة فى الماء الحار فقد تنفصم لان سطوحها الخارجية تتمدد قبلما تتصل الحرارة الى سطوحها الداخلية فيتمدد تلك وبقاء هذه على ما هى ينكسر الزجاج. ولهذا السبب تنكسر زجاجة القنديل اذا رش عليها الماء البارد او مر بها الهواء البارد حامية.

واعلم ان الاجسام اذا بردت تقلصت ورجعت دقائقها الى اماكنها الاولى الا الرصاص والتوتيا فانهما متى برد الا يرجعان الى حجمهما الاول واذا لم يجد محلا لتمدد افيه يتجعدان ولذلك كثيرا ما ترى بطانة الاوعية المبطنة بهما مجعدة

(٣٤٧) تمدد السائلات * تتمدد السائلات اكثر مما تتمدد الجوامد لان جاذبية الملاصقة فيها اضعف مما هى فى الجوامد. غير ان تمددها ليس قياسيا فلا تتمدد بقدر ازدياد درجة الحرارة لانه اذا كانت حرارة سائل ٢٠٠° وحرارة آخر من نوعه ١٠٠° وزيدت حرارة كل منهما ١٠° يتمدد الثانى بأعشار الدرجات اقل مما يتمدد الاول. وكلما قربت حرارة السائل من درجة غليانه بعد تمدده عن القياس * ويتفاوت التمدد فى السائلات بحسب نوعها فاذا صبّ فى (الشكل ٢٠٩) ماء وفى ب زيت السمك وفى س الكحول الى علو واحد وغمست كلها فى الماء الغالى تمدد الكحول اكثر من الزيت والزيت اكثر من الماء * هذا ولا تتمدد الاجسام بغير الحرارة الا الماء فانه يتمدد بالحرارة ويتمدد بالبرد ايضا وهذا يكون بعد انحطاط حرارته الى ٣٩° ف. فيتمدد ضمن



الشكل ٢٠٩

ثم حتى يصير جليداً على درجة ۳۲ ف

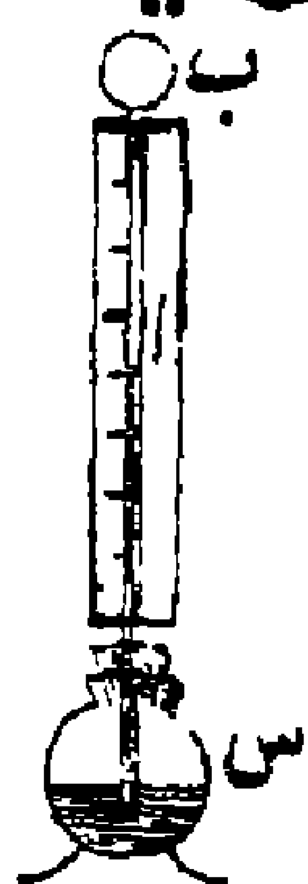
(۳۴۸) تمدد الغازات ؛ تمدد الغازات اكثر مما تتمدد السائلات والجوامد وتمددها قياسي فانه كلما ارتفعت حرارتها درجة زاد حجمها ۱/۴۹۰ منه كله(۱) فاذا كان غاز حجمه ۴۹۰ قيراطاً مكعباً ودرجة حرارته ۳۲ ف ولحمي حتى تصير ۳۵۰ ف يصير حجمه ۴۹۱ قيراطاً مكعباً. ولتمدد الغازات اعتبار عظيم في الرياح وفي تنقية هواء المساكن كما سيجيءُ —

(۳۴۹) الثقل النوعي للغازات ؛ تقدم (عدد ۲۸) ان الثقل النوعي للهواء يجعل قياساً للثقل النوعي لسائر الغازات. ولما كانت الغازات قابلة للتمدد والانضغاط كثيراً كانت كثافتها كثيرة الاختلاف فاذا اردنا ان نستعلم ثقلها النوعي وجب ان نحول لها دائماً الى درجة معينة من الحرارة ومن الضغط. والمتفق عليه ان تكون الحرارة على درجة الجليد وان يكون الضغط مساوياً ۳۰ قيراطاً بالبارومتر. فيستعلم الثقل النوعي لكل غاز من الغازات باستعلام ثقل جرم معين منه على درجة الجليد من الحرارة وتحت ۳۰ قيراطاً من الضغط ثم يستعلم ثقل جرم يساويه من الهواء على تلك الحرارة وتحت ذلك الضغط. ويقسم ثقل الغاز على ثقل الهواء فالخارج الثقل النوعي لذلك الغاز. مثاله لو قيل ما الثقل النوعي لغاز الاكسجين لقيل فرغ القارورة المرسومة في الشكل ۶۹ من الهواء واستعلم وزنها ثم املأها هواءً واستعلم وزنها واملأها اكسجيناً ايضاً واستعلم وزنها.

(۱) ان هذا الحكم لا يصدق تماماً اذا اردنا حقيقة الواقع ولكن اختلافه زهيد جداً لا يعبأ به في العمل

واطرح وزنها من وزنها مع الهواء فيبقى لك وزن الهواء واطرح وزنها من وزنها مع الاكسجين فيبقى لك وزن الاكسجين. اقسمه على وزن الهواء فيخرج لك ثقل الاكسجين النوعى. الا انه لا يتيسر دائما استعلام الثقل النوعى على الدرجة المذكورة انفا من الحرارة والضغط. ولذلك يحوّلون اوزان الغازات بالحساب الى ما تكون عليه لو كانت الحرارة والضغط حسب المطلوب

(٣٥٠) الترمومتر۔ الحواسّ البشرية قاصرة عن معرفة درجة حرارة الاجسام راسًا ولذلك يستعان على معرفة هذه الحرارة بقياس تمديدها للاجسام. وتسمّى الآلة التى تعرف بها حرارة الاجسام الترمومتر اى مقياس الحرارة. ولما كان الاعتماد فيه على تمدد الاجسام كانت السائلات اصلح الاجسام لذلك لان الجوامد تتمدد قليلا فيقاس بها اختلاف الحرارة اختلافا عظيما والغازات تتمدد كثيرا فتصلح لقياس اختلاف الحرارة اختلافا يسيرا فقط فضلا عن ان ضغط الهواء يؤثر فيها كثيرًا. ولذلك يستعمل من السائلات الزئبق والكحول اما الزئبق فلان تمدده قياسى ولا يغلى الا اذا اشتدت الحرارة جدّا واما الكحول فلانه لا يجمد ولو اشتدّ البرد وجمد الزئبق. ويسمى الترمومتر من الاول الزئبقى ومن الثانى الكحولى. والاول اكثر استعمالا واما الثانى فيستعمل غالبا فى البرد حيث يخشى من جمود الزئبق



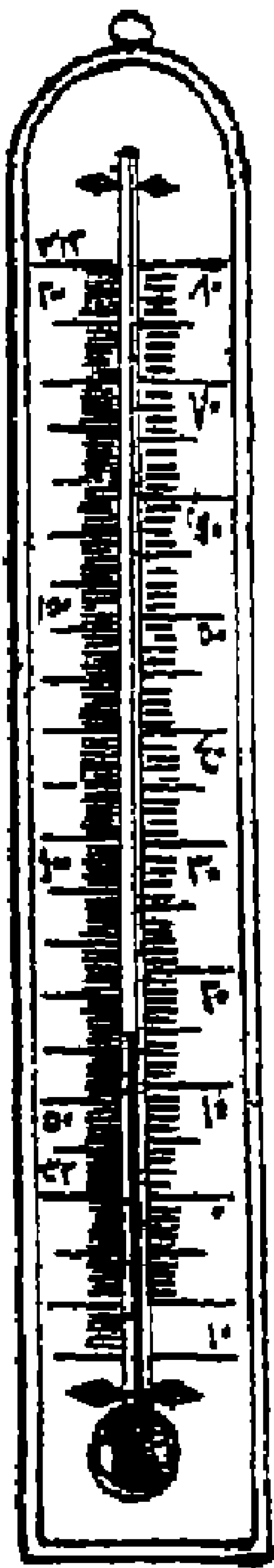
الشكل ٢١

(٣٥١) الترمومتر الزئبقى۔ يتضح عمل هذا الترمومتر مما ياتى: تؤخذ انبوبة من الزجاج ا (الشكل ٢١) ذات بلبوس ب فى احد طرفيها ويحمى بلبوسها هذا على قنديل كحولى

حتى يتمدد الهواء فيه ويخرج بعضه من الانبوبة. ثم يغمس طرف الانبوبة الآخر في وعاء من الزجاج يحتوي ماء ملوناً. فمتى برد البلبوس ب يتقلص الهواء فيه وفي الانبوبة فيصغر حجمه و يدخل جانب من الماء الى البلبوس ويشغل قسماً منه. ثم يحمى البلبوس ثانية حتى يتحول كل ما فيه من الماء الى بخار ويغمس طرف الانبوبة اذ ذاك في الماء الملون. فمتى برد البلبوس تقلص البخار فيه وصعد الماء وملأه هو والانبوبة معاً. وهكذا يصنع للترمومتر الزئبقي انبوبة شعرية ذات بلبوس وتملأ زئبقاً على ما تقدم. ولكن المعتاد انهم يضعون قمعاً في طرف الانبوبة ويصبون الزئبق فيه ويحمون البلبوس فيتمدد هواؤه ويصعد بعضه من خلايا الزئبق. ومتى برد البلبوس يتقلص الهواء فيه فينزل جانب من الزئبق الى البلبوس ويحل محل ما افلت من الهواء. ثم يحمون البلبوس ثانية حتى يتمدد الزئبق الذي نزل اليه ويشغله هو والانبوبة الى العلو المراد ويصهرون طرف الانبوبة ويسدونه ويتركون البلبوس حتى يبرد فيتقلص وينزل الزئبق اليه ويبقى ما فوقه من الانبوبة فارغاً. ثم يستدلون بحز الدرجات على الانبوبة فيغمسون البلبوس في الجليد وهو يذوب فيتقلص الزئبق كثيراً من البرد وحيثما استقر وسموا علامة على مساواة راسه. ثم يغمسون البلبوس في الماء وهو يغلي تحت ضغط جلد واحد فيتمدد الزئبق في الانبوبة من الحرارة وحيثما استقر وسموا هناك علامة اخرى

وحينئذ اذا حسبت درجة الجليد ٣٢ ودرجة الماء الغالي ٢١٢ وقسم ما بينهما ١٨٠ قسماً متساوياً فذلك هو ترمومتر فارنهيت واستعماله شائع في الولايات المتحدة وبلاد الانكليز. واذا حسبت درجة الجليد

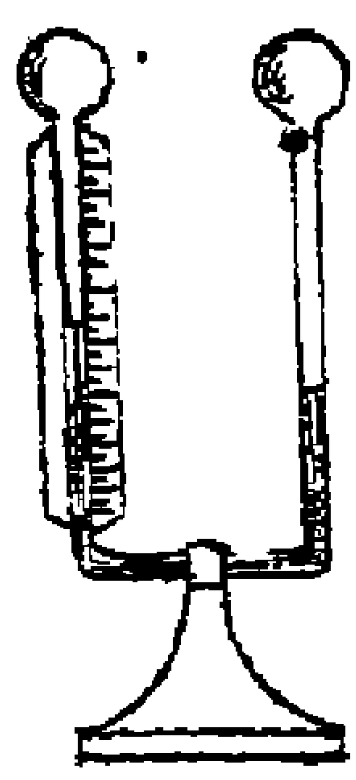
صفر او درجة الماء الغالي .. او قسم ما بينهما .. اقسام متساوية فذلك هو ثرمومتر سنتكراد او سلسيوس واستعماله شائع في فرنسا. واذا حسبت درجة الجليد صفرا ودرجة الماء الغالي ٨٠ فذلك ثرمومتر ريوميير واستعماله شائع في جرمانيا وروسيا. ترى صورة ثرمومتر فارنهيت وريوميير معاً (الشكل ٢١١)


الشكل ٢١١

وللتمييز بين هذه الثلاثة يكتب اول كل حرف من اسم كل ثرمومتر الى يسار درجاته فاذا كتبنا ٦٣° ف. و٣٥° س. و٣٣° ر. فالمراد ٦٣ درجة من فارنهيت و٣٥ درجة من سنتكراد و٣٣ درجة من ريوميير. ويقسم الثرمومتر تحت درجات الجليد اقساما متساوية ايضا ويدل على ما تحت الصفر بعلامة الطرح عن يسار الارقام فاذا كتبنا -٣° ف. و-٣° س. و-٣° ر. فالمراد ٣ درجات فارنهيت تحت الصفر و٣ درجات سنتكراد تحت الصفر و٣ درجات ريوميير تحت الصفر. والصفر في هذين الاخيرين يدل على درجة الجليد واما في الاول فعلى ابرد منها باثنين وثلاثين درجة

واذا اردنا تحويل ثرمومتر فارنهيت الى سنتكراد طرحنا منه ٣٢ وضربنا الباقي في ٥ وقسمنا الحاصل على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف-٣٢) × ٥/٩ = س. واذا اردنا تحويل سنتكراد الى فارنهيت ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٥ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (٩/٥ س + ٣٢ = ف) واذا اردنا تحويل فارنهيت الى ريوميير طرحنا منه ٣٢ وضربنا الباقي في ٤ وقسمناه على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف-٣٢) × ٤/٩ = ر. واذا اردنا تحويل ريوميير الى فارنهيت ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٤ واضفنا ٣٢

الى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (٩/٥ ر + ٣٢ = ف) واعلم ان الزئبق يجمد على - ٣٩ °ف. ولذلك يستعمل الكحول عوضًا عنه للدلالة على الحرارة السافلة كما تقدم



الشكل ٢١٢

(٣٥٢) ثرمومتر التفاوت: هو انبوبة ذات شعبتين قائمتين كما ترى فى الشكل ٢١٢ فيملأ بعض الساقين وما بينهما سائلا ملونًا كالحامض الكبريتيك المخفف ويترك البلبوسان وما بقى من الساقين مملوءة هواء. فان كانت الحرارة واحدة على البلبوسين بقى الحامض على علو واحد فى الساقين والا فاذا زادت على واحد دون الآخر تمدد الهواء الذى فى الاحر وطرد الحامض من الساق التى هو فيها الى الساق الاخرى. وهذا يستعمل لقياس الفرق بين درجتى حرارة لسائلين او جسمين و لهذا اسمى ثرمومتر التفاوت -

(٣٥٣) ثرمومتر الاعظم والاقل: اذا شئنا ان نعرف اعظم الحرارة التى تحدث فى اليوم او اقلها على اسهل سبيل استعملنا ثرمومترا يقيد نفسه بنفسه. والشائع فى الاستعمال الثرمومتر الزئبقى لمعرفة اعظم الحرارة والكحولى لمعرفة اقلها اما كيفية تقييد الثرمومتر نفسه فتتضح من الشكل ٢١٣ ا ب الاعظم فيه زئبق وقضيب دقيق من الفولاذ مفصول عن الزئبق بقليل من الهواء.



الشكل ٢١٣

فاذا ارتفعت الحرارة مددت

الزئبق فيسير فى الانبوبة ويدفع القضيب امامه حتى يبلغ اعظم تمدده واذا وطئت الحرارة تقلص الزئبق ورجع تاركا القضيب مكانه فيستدل منه على الدرجة التى بلغت الحرارة اليها فى ذلك اليوم

وذى الاقل فيه الكحول وقضيب مجوّف من الزجاج غير مفصول عنه يوضع قضيب الزجاج بحيث يمس طرفه المتجه الى البلبوس رأس عمود الكحول ثم اذا اهبطت الحرارة تقلص الكحول واجتذب القضيب (لما بينهما من جاذبية الالتصاق) راجعا نحو البلبوس حتى يبلغ نهاية تقلصه. فيستدل من القضيب على اقل الحرارة ذلك اليوم. واذا زادت الحرارة تمددت الكحول تجاوز القضيب ولم يحركه من مكانه كما ترى فى الشكل

(٣٥٤) البيرومتر۔ كما ان الزئبق لا يصلح لقياس الحرارة اذا كانت منخفضة جدا لانه يجمد فيعوّض عنه بالترمومتر الكحولى كذلك لا يصلح لقياس الحرارة اذا ارتفعت جدا لانه يتحول الى بخار فيعوض عنه بالبيرومتر. وهذا البيرومتر على اشكال لا نتعرض لتفصيلها اذ قد اهملت لعدم ضبطها فى الدلالة على الحرارة. ولكن المعول عليه الآن للاستعمال لهذه الغاية هو بيرومترات الغاز والبخار او بيرومترات الكهربائية المذكورة فى المطولات —

(٣٥٥) اسالة الاجسام۔ اى تحويلها الى سوائل بتأثير الحرارة فيها وهو يكون فى الجوامد فيقال له صهرا وتذويب وفى الغازات فيقال له تسييل —

(٣٥٦) صهر الجوامد۔ اذا زيدت الحرارة على جامد ارتفعت درجة حرارته ارتفاعا دائما حتى تصل الى الدرجة

التى يذوب عندها فلا ترتفع بعد ذلك ولو زيدت الحرارة عليه . لان ما يزيد من الحرارة على درجة الذوبان يصرف فى مقاومة جاذبية الملاصقة التى بين دقائق الجامد فيمدده اى يبعد دقائقه بعضها عن بعض حتى يضعف جاذبية الملاصقة ويحل الدقائق من قيودها حلا يسهل لها الحركة فتسيل كما يشاهد فى تذويب الشلج والحديد ونحوهما . ولا يخفى ان حرارة كثيرة تختفى بالصهر لانا اذا اردنا ان نذوب ثلجة حرارتها ٣٢°ف الى ماء حرارته ٣٢°ف اقتضى ان يختفى فيها ١٤٢°ف من الحرارة . فلا نحول اوقية من ذلك الثلج الى اوقية من هذا الماء ما لم نصرف عليها من الحرارة ما يرفع ١٤٢ اوقية من الماء من ٣٢° الى ٣٣°ف .

واعلم ان بعض الاجسام كالورق والخشب والصوف وغيرها تنحل برفع حرارتها ولا تذوب وبعضها بصهر تدريجا فليس له درجة محدودة ينصهر عندها كالزجاج والحديد فانهما يلينان شيئا فشيئا حتى ينتقلا من الجمود الى السيولة تدريجا ولذلك تعتبر درجة ابتداء الليونة وتمام الصهر فيهما . ولما كانت جاذبية الملاصقة متفاوتة القوة فى الاجسام فدرجة الصهر متفاوتة ايضا فانها عالية فى بعض الاجسام وسافلة فى غيرها

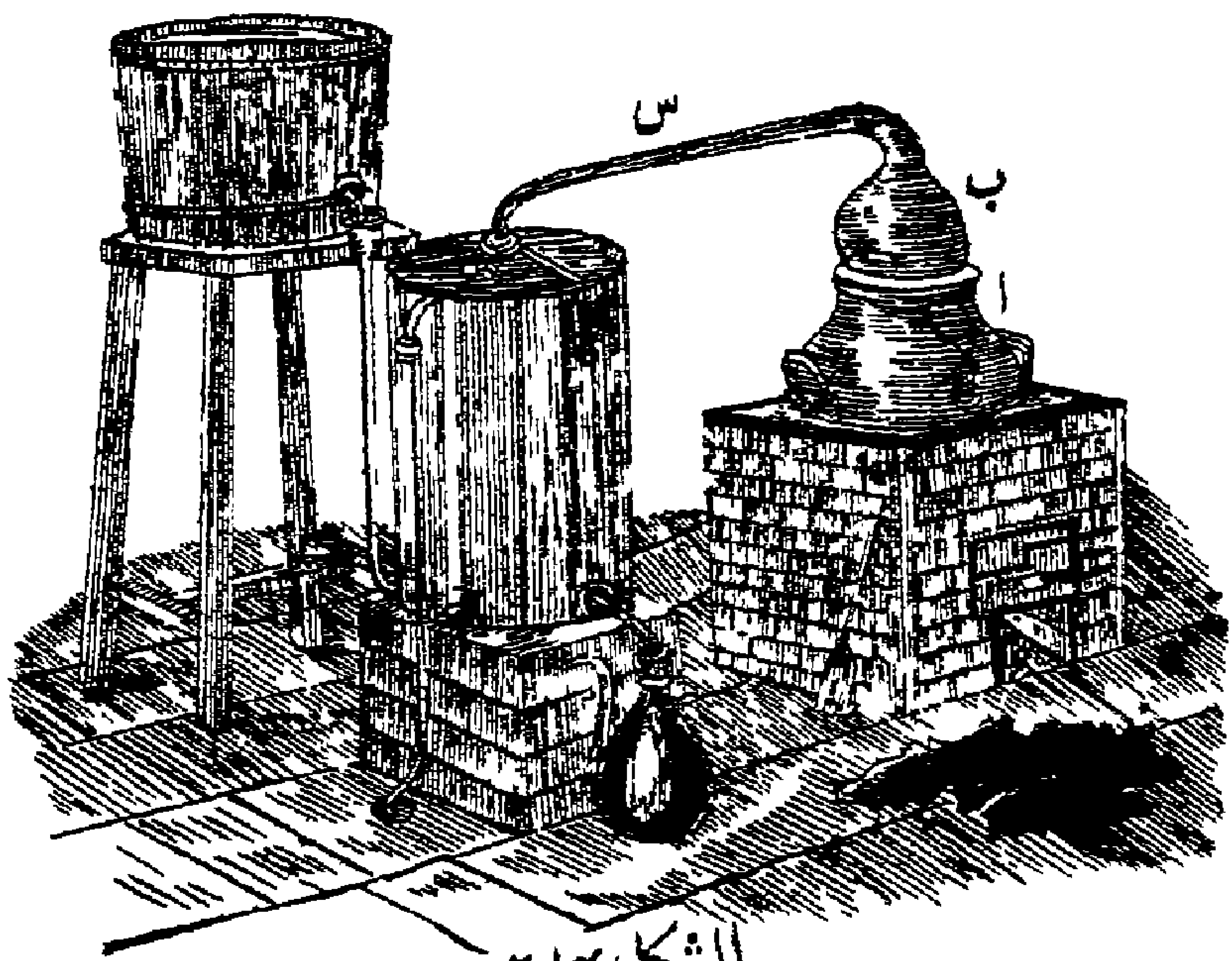
(٣٥٧) تسييل الغازات اى تحويل الغازات الى سوائل بالبرد والضغط[1] . اما البرد فلانه اذا قلت الحرارة من الغاز ضعفت القوة الدافعة وقويت الجاذبة بين دقائقه فتقربها بعضها من بعض . واما الضغط فلانه يقرب الدقائق بعضها من بعض فيعين الجاذبة على غلبة الدافعة . وبواسطة الضغط والبرد معا حولوا كل الابخرة

(١) ان الالفة الكيماوية تجعل فى الجسم ميلا الى تحويل الابخرة التى فى الهواء الى سوائل كالكلس الحى فانه يمتص بخار الهواء . وكذلك بعض انواع الماء المالح .

و الغازات بلا استثناء الى سوائل. وما دام الغاز تحت الضغط يبقى سائلا واما اذا ازال الضغط عنه فيرجع الى الغازية حالا ـ

(۳۵۸) البخر۔ اذا احمينا السائل فى قدر ارتفعت درجة حرارته حتى يغلى فتكسف عن الارتفاع. واما هو فلا يزال يتمدد حتى تصير سرعة دقائقه اقوى من جاذبية الملاصقة فيتطاير ويقال اذ ذاك ان القدر تبخره. ولا تبخر غيره مما يكون ذائبا فيه من الجوامد فاذا بخرت ماء ملحا مثلا صعد البخار عذبا وبقى الملح فيه

وعلى ذلك يجرى التقطير بالانبيق كما ترى فى (الشكل ۲۱۴) يوضع السائل فى ا وهو وعاء من النحاس يستقر على الكانون فيتحول الى بخار ويجرى من رأس الانبيق ب فى الانبوبة من الى انبوبة لولبية ص نازلة فى حوض ملآن من الماء البارد. فيبرد هناك ويقطر فى الكوز نقيا خالصا من الشوائب والاكدار. ولكن الماء البارد الذى حوله فى الحوض يسخن. ولذلك يبدل بماء آخر بارد من حوض بجانب حوضه فيدخل البارد من اسفل الحوض و يخرج الحار من اعلاه كما فى الشكل۔ كذا يقطر الماء ويستخرج العرق من عصير العنب والسوائل العطرة من الازهار ـ



الشكل ۲۱۴

(۳۵۹) درجة الغليان – غليان السائل هو جيشان دقائقه بالحرارة. فاذا احمی الماء مثلا علته اولاً فقاقيع معبأة هواء من الهواء الذی كان فيه. ثم حدثت فيه فقاقيع معبأة بخارًا منه واستقرت علی قعر وعائه وجوانبه. ثم تعلو قليلا حتی تبلغ ما لا يزال باردًا منه فيسحقها ويكثفها ومن انسحاقها يحصل الأزيز وهو صوت القدر المعهود. الا انه كلما زادت الحرارة علی الماء علت هذه الفقاقيع البخارية فيه حتی تبلغ سطحه فتفقع عليه وتخرج بخارها الی الهواء وهذا هو غليان الماء – ودرجة الغليان هی الحرارة التی يغلی السائل عليها وهی متفاوتة باختلاف الاجسام فمن الاجسام ما يتحول الی بخار علی درجة معتدلة من الحرارة فتكون درجة غليانه معتدلة ومنها ما لا يذوب الا علی درجة عالية جدا فتكون درجة غليانه عالية جدا. ومنها ما يتحول الی بخار علی درجة سافلة جدا كغازات الهواء –

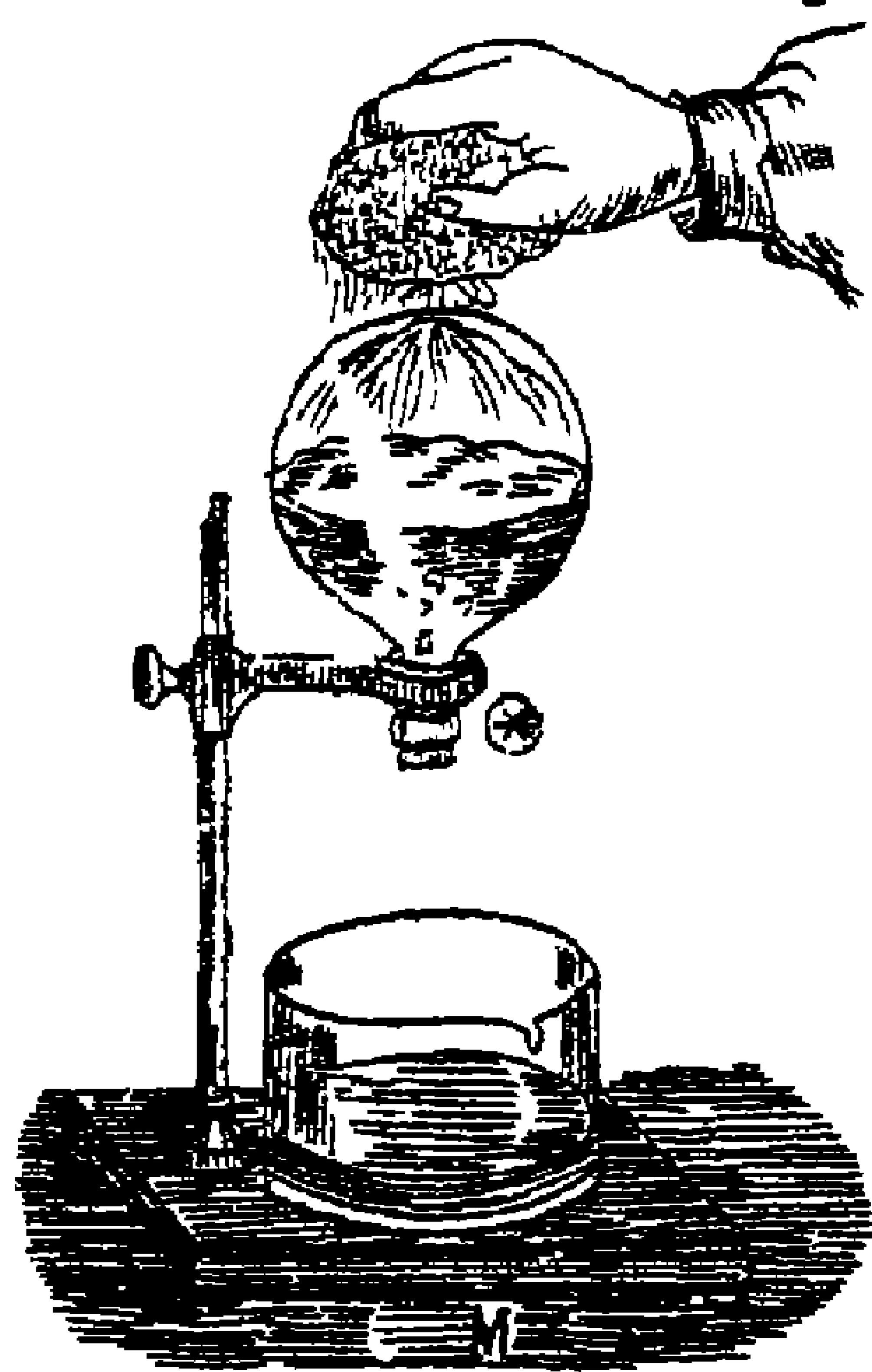
(۳۶۰) درجة غليان الماء – تتوقف درجة غليان الماء علی ثلاثة امور وهی: اولا. نقاوة الماء. فان كل ما يزيد جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء يرفع درجة غليانه ولذلك تكون درجة غليان الماء الملح ارفع من درجة غليان الماء العذب اذ الملح يزيد قوة الملاصقة بين دقائق الماء. وتكون درجة غليان الماء الممزوج بالهواء اسفل من درجة غليان الماء الخالص منه اذ الهواء يضعف قوة الملاصقة بين دقائقه فاذا خلص الماء من الهواء لم يغل الا علی ۲۷۵ ف – فيتحول حينئذ الی بخار بفقع شديد –

وثانيا. طبيعة الوعاء. فان درجة غليان الماء فی الحديد

مثلاً اسفل مما هي في الزجاج . وتزيد في الزجاج ارتفاعاً اذا نظف بالحامض الكبريتيك والپوتاسا . والظاهر ان سبب ذلك جاذبية الالتصاق بين الماء والوعاء الذي يحويه فاذا كانت شديدة ارتفعت درجة الغليان والعكس بالعكس

وثالثاً . الضغط فان كل ما يضغط وجه الماء يقرب دقائقه بعضها من بعض فيعيق الحرارة عن تفريقها . ولما كان ضغط الهواء على قمم الجبال اقل مما على سفوحها كانت درجة الغليان على القمم اسفل مما على السفوح . وعليه وُجدت درجة غليان الماء ١٨٣°ف على ارتفاع ١٥٨٠٠ قدم في الجبل الابيض واكثر من ٢١٢°ف في قعر بعض المعادن العميقة . ولذلك يعسر الطبخ بالماء من انحطاط درجة غليانه على القمم الشامخة . وكلما قل ارتفاع الجبال ارتفعت درجة الغليان وصح الطبخ . وهذا الارتفاع بالهبوط والهبوط بالارتفاع يجري على قياس وهو درجة واحدة في كل ٥٩٦ قدماً من الارتفاع فيمكن استخراج اعالي الجبال من درجة غليان الماء عليها استخراجاً تقريبياً

ويظهر ارتفاع درجة الغليان بالضغط مما يأتي : املأ زجاجة ماءً الى نصفها (الشكل ٢١٥) واغلها مدة على النار ثم سدها حالاً واقلبها فيكف الماء عن الغليان لان البخار الذي تحول عنه يضغطه فيمنعه من الجيشان ثم غط اسفنجة في الماء البارد واعصرها على الزجاجة فيعود الماء الى الغليان بعد سكونه لان الماء البارد يكثف البخار فيسيله فيرجع البخار



الشكل ٢١٥

ماء ويزول ضغطه فيعود الغليان الى ان يتحول بعض الماء الى بخار يكفي ضغطه لتوقيف الماء عن الغلي. ثم يعود البخار ماء اذا عصر ماء بارد على الزجاجة للسبب المتقدم. ولا يزال الغليان يجرى وينقطع حتى تصير حرارة الماء اقل من حرارة الدم قليلا فيبطل كلياً. واذا كانت سدادة الزجاجة محكمة تمنع الهواء من الدخول اليها فكلما اصاب الماء جوانبها صلصل صلصلة المعادن لانه لا يوجد هواء يضعف صوته. ويتضح ما نحن بصدده من المطرقة المائية وهي عبارة عن انبوبة من الزجاج تملأ ماء الى نصفها ثم تحمى حتى يتحول بعض مائها الى بخار ويحل محل الهواء فيها وتصهر من فمها وتسد سداً اتاماً. فمتى برد البخار فيها سال وبقي محله فارغاً فينزل الماء فيها من طرف الى طرف كالرصاص. واذا لمست حينئذ تحول بعض مائها الى بخار بحرارة اليد

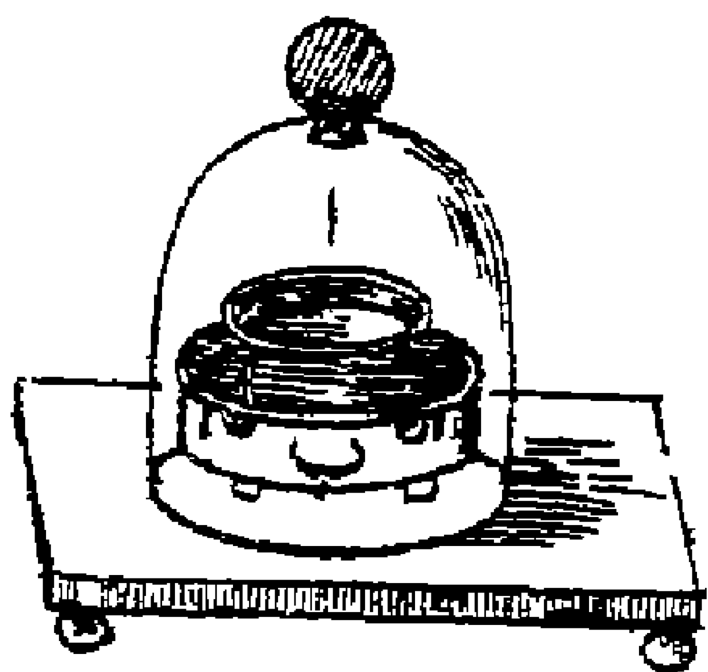
(١٣٦) حرارة بخار الماء الغالي ٭ ان الماء لا ترفع حرارته عن درجة الغليان مهما زادت عليه الحرارة ما لم يحصر بخاره كما سيأتي. لانه متى بلغ درجة الغليان كفت الحرارة عن رفع درجته وصرفت على تمديده وتكبير حجمه ولذلك تجد حرارة البخار الصاعد عن الماء الغالي مثل حرارة مائه والحال ان فيه ٩٧٢°ف من الحرارة زيادة عما في الماء الغالي. وهذه الحرارة الزائدة تختفي في البخار وتمدده وتكبر حجمه فتصير القيراط المكعب من الماء ١٧٠٠ قيراط مكعب من البخار. فاذا رجع هذا البخار الى السيولة ظهرت كل الحرارة المختفية فيه. وعليه يستعملون البخار لاحماء البيوت ونحوها بارساله اليها في انابيب يتكاثف فيها ويسيل٭ وبخار الماء الغالي شفاف لا يرى كما يتضح من النظر اليه عند اول خروجه من بلبل الابريق. وانما يرى بعيد ذلك عند ما يبرد فيتكاثف ويصير نقطاً صغيرة تعوم في البخار الحقيقي.

(٢٦٣) التبخير والاسباب المعجلة له * ذكرنا من تغييرات الحرارة للاجسام التمدد واسالة الاجسام والبخر فبقى علينا ان نذكر التبخير ومعنى التبخير هنا غير البخر وهو ان يتكون البخار تكونا بطيئا ليس على درجة الغليان كالبخر بل على كل درجة من درجات الحرارة الاعتيادية كما يشاهد فى جفاف ماء البرك والثياب المنشورة فى الهواء وجفاف العرق عن الجسد وما شاكل ذلك. فان الماء يتبخر فى الفضاء ولو كانت الحرارة على درجة الجليد والثياب تنشف ولو اشتد البرد ولاسيما اذا هبت عليها الريح فابدلت الهواء الرطب المباشر لها بهواء اجف منه واخف فيتشرب كثيرا من مائها. واذا اتسع السطح المعرض للحرارة كثر تبخيره لما فيه من السائل ولو كانت الحرارة لطيفة. وعلى ذلك يستخلصون من السوائل الجوامد الذائبة فيها بتقليل السائل وبسطه على سطح متسع. الا ترى ان الذين يستخرجون الملح من الماء المالح يصبون مقدارا من الماء على سطح متسع فلا يمضى زمان طويل حتى يجف الماء ويبقى الملح.

ولا يخفى انه كلما زادت الحرارة على السائل عجلت تبخيره كما هو واضح. ويستعجل تبخير السائل ايضا اذا تجدد الهواء عليه لانه اذا كثر البخار فيه لم يعد يسع بخارا كالهواء القليل البخار. فاذا ابقى الهواء الممتلئ رطوبة على السائل منعه من التبخير واما اذا ابدل بهواء اجف منه فيبقى التبخير جاريا على حاله او يزيد. ويستعجل التبخير ايضا اذا قل الضغط عن السائل كما يستفاد من (عد ٢٥٩) ولذلك اذا اخف الهواء لسبب من الاسباب استعجل التبخير. وهذا الحكم جار فى الصنائع فانهم اذا شاءوا تجميد الحليب او تركيز شراب السكر (اى تبخير بعض مائه)

وضعوه في اوعية وفرّغوا الهواء عنها فيسرع تجمير الشراب لما فيه من الماء على حرارة سافلة لا يخشى ان تحرقه —

(٣٦٣) التبريد بالتبخير. اذا تحول السائل الى بخار اختفى جانب من حرارته في ذلك البخار (عد ٣٤٣) فتهبط حرارة السائل. وعلى ذلك يشعر الانسان بالبرد بعد تحوّل عرقه الى بخار. ويبرد الماء في الاباريق اذا هبت عليها ريح شرقية جافة حارة وحولت كثيرا من مائها الى بخار. وتبرد الازقة صيفا اذا رشت بالماء وبخرته. وتجمد السوائل اذا بخرت كما يأتي: تملأ صحفة صغيرة (الشكل ٢١٦) ماء مثلا وتوضع على وعاء ازوج اي قريب القعر مملوء من الحامض الكبريتيك وموضوع على صفيحة مفرغة الهواء. ثم تقلب القابلة عليهما ويفرغ الهواء منها. فيرتفع ضغط عن الماء فيبخر الماء بعجلة (عد ٣٦٢) حتى يضغط البخار الصاعد منه كما كان يضغط الهواء. ثم ان الحامض الكبريتيك يمتص البخار بما فيه من الشراهة اليه فيرتفع ضغطه عن الماء ويبخر الماء ثانية بخارا يمتصه ايضا الحامض الكبريتيك وبهذا التبخير يبرد الماء حتى يجمد. كذا يصنع الثلج في بعض



الشكل ٢١٦

الاماكن. وقد مزجوا سائل اكسيد النيتروس بسائل بي كبريتيد الكربون وفرغوا الهواء عنهما فبخرا وهبطت حرارتهما بالتبخير الى — ٢٢٠ ف. وهذه اسفل حرارة يستخدمونها لقضاء الحاجات[١]

(١) لما سيلوا الاكسجين والنتروجين والهيدروجين وباقي الغازات الثابتة سنة ١٨٧٧ فبعد رجوعها بغتة الى الغازية هبطت درجة الحرارة الى — ٥٠٨ ف على ما قدره بعض العلماء —

(٣٠٦٣) الحالة الكروية: اذا اقطرت قطرات قليلة من الماء فى كأس معدنية محماة الى الحمرة صارت كرة مستديرة وتراقصت فى الكأس ولم يصغر حجمها الا قليلا. وسبب ذلك ان جانبا منها يتحول الى بخار فيفصل بينها وبين سطح الكأس والهواء يحميها بلا مستة سطح الكأس فيجرى فى مجار تحملها فتتراقص كما ذكرنا. واذا بردت الكأس قليلا فقدت النقطة كرويتها ومست سطح الكأس رأسا فتتحول الى بخار وتفقع فقعا لطيفا —

وعلى ما تقدم يمكن للانسان ان يمس سطحا مستويا من الحديد الحامى ولا يحترق اذا بلل كفه لان الماء يتكيف بالكيفية المذكورة فيقى الكف من الحر وعليه ايضا قد يغط صانع الحديد ايديهم مرطبة فى الحديد المصهور ولا يلذعون ولعل الذى يروى انهم كانوا يمشون على السكك المحماة الى الحمرة ولا يتأذون كانوا يبلون اقدامهم كما ذكر —

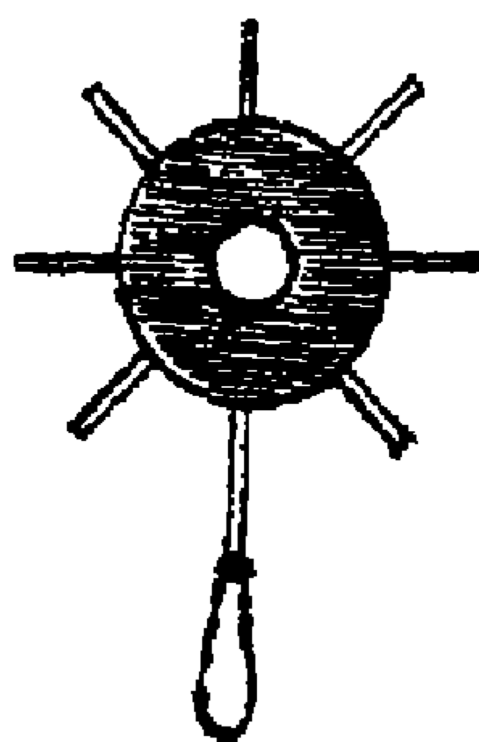
الفصل الثالث

فى ايصال الحرارة

(٣٦٥) نقل الحرارة: حيثما وجدت الحرارة طلبت الانتقال الى ما حولها من الاجسام على التساوى بطريقة من ثلاث طرق وهى النقل والحمل والاشعاع فالنقل هو انتقال الحرارة من دقيقة الى دقيقة من دقائق الجسم مثاله: ضع رأس الملقط فى النار وابق يدك على مقبضه فتشعر بحموه بعد قليل لان حرارة النار تنتقل على الملقط من دقيقة الى دقيقة حتى تنتهى من رأسه الى مقبضه

وبين الاجسام تفاوت من حيث نقلها للحرارة فالتى تنقلها جيدا تسمى موصلات جيدة للحرارة والتى لا تنقلها جيدا تسمى موصلات رديئة. وتعرف جودة ايصال الجوامد ورداءتها كما يأتى: يصنع قرص مستدير من النحاس الاصفر (الشكل ٢١٧) ويثقب حرفه ثقوبا متعددة ويدخل فى ثقوبه قضبان ذات مقدار واحد وطول واحد من معادن مختلفة

ويحفر فى طرف كل منها حفرة توضع فيها قطعة من الفصفور



الشكل ٢١٧

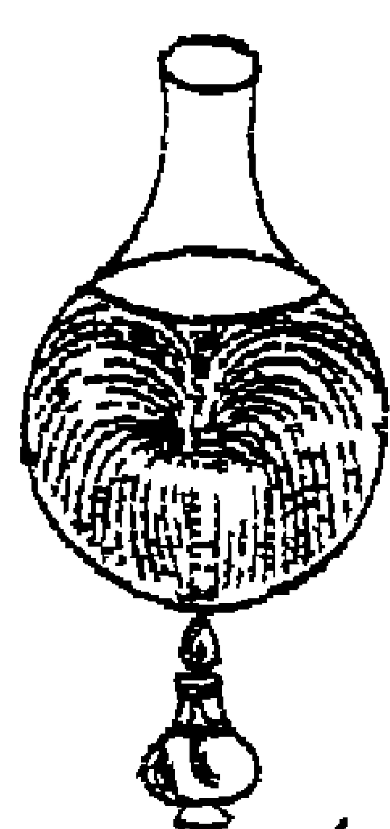
ثم يحمى القرص فالذى تشتعل فيه قطعة الفصفور اولا من القضبان يكون اجودها ايصالا للحرارة والذى تشتعل فيه قطعة الفصفور ثانيا يتلوه فى الجودة وهلم جرا. كذا علم ان المعادن اجود الموصلات ثم الرخام فالصينى فالقرميد فالخشب (ولا سيما على عرض الياف) فالزجاج

ويتلو الجوامد فى جودة الايصال السوائل فاذا احمينا الماء بتدبير على لهيب القنديل الكحولى على ما يكون منه قرب اللهيب ويبقى اعلاه باردا لانه موصل ردىء. ويتلو السوائل الغازات فانها اردأ الموصلات. وما اتسعت مسامه كالصوف والفرو والثلج والفحم ونحوها فهو موصل ردىء لان الهواء يشغل مسامه والهواء غاز ردىء الايصال. ولذلك يبنون للثالج جدرانا مزدوجة يملأون ما بينها فحما او نشارة او جسما آخر مما لا يوصل الحرارة جيدا فلا يذوب ثلجها. ولقلة ايصال الهواء يمكن للانسان ان يدخل فرنا حاميا جدا او اذا وضع فيه لحم او بيض على صفحة معدنية نضجا من شدة الحر ولكنه لا يشعر بألم ما دام بعيدا عن الموصلات الجيدة.

وعلى ما تقدم يلف الثلج بالصوف او يطمر بالتبن لكي لا يذوب .
ويستحب لبس الكتان صيفاً والصوف شتاء لان الكتان موصل جيد فينقل حرارة الجسد ويبرده والصوف موصل ردي فلا ينقل حرارة الجسد ولذلك يدفئه . واذا وضعت بلاطة على بساط في محل ما كانت ابرد من البساط لانها اجود منها ايصالاً . واذا لمسنا جسماً ابرد سلب حرارتنا فنقول انه بارد واذا لمسنا جسماً احرمنا سلبنا حرارته فنقول انه حار . فاعتبارنا لحرارة الاجسام وبرودتها متوقف على جودتها ورداءتها في الايصال

(٣٦٦) حمل الحرارة : الحمل انتقال الحرارة على الاجسام بواسطة دوران دقائقها وهو امّا في السائلات او في الغازات ولا يكون في الجوامد

اما في السائلات فيتضح مما يأتي : ضع مسحوق الكهرباء في وعاء فيه ماء بارد فيعوم فيه لان ثقله النوعي كثقل الماء النوعي . ثم اذا وضع الوعاء على لهيب القنديل الكحولي تمدد الماء الاقرب الى اللهيب وخف فيصعد ويهبط ماء ابرد وانتقل منه الى مكانه وهذا يتمدد ويخف وهلم جرًّا فتحمل الحرارة من اسفل الماء الى اعلاه بدوران دقائقه السخنة جارية من الاسفل الى الاعلى والباردة من الاعلى الى الاسفل كما ترى في الشكل ٢١٨


الشكل ٢١٨

واما في الغازات فيتضح مما يأتي : افتح باب غرفةٍ دافئة بعض الفتح وضع شمعة متقدة في اعلاه فينحرف لهيبها الى الخارج لان هواء الغرفة حار فتصعد دقائقه كما تصعد دقائق الماء الحار وتخرج من اعلى الباب فيحرف مجراها لهيب الشمعة الى الخارج . ثم ضع الشمعة في اسفل الباب

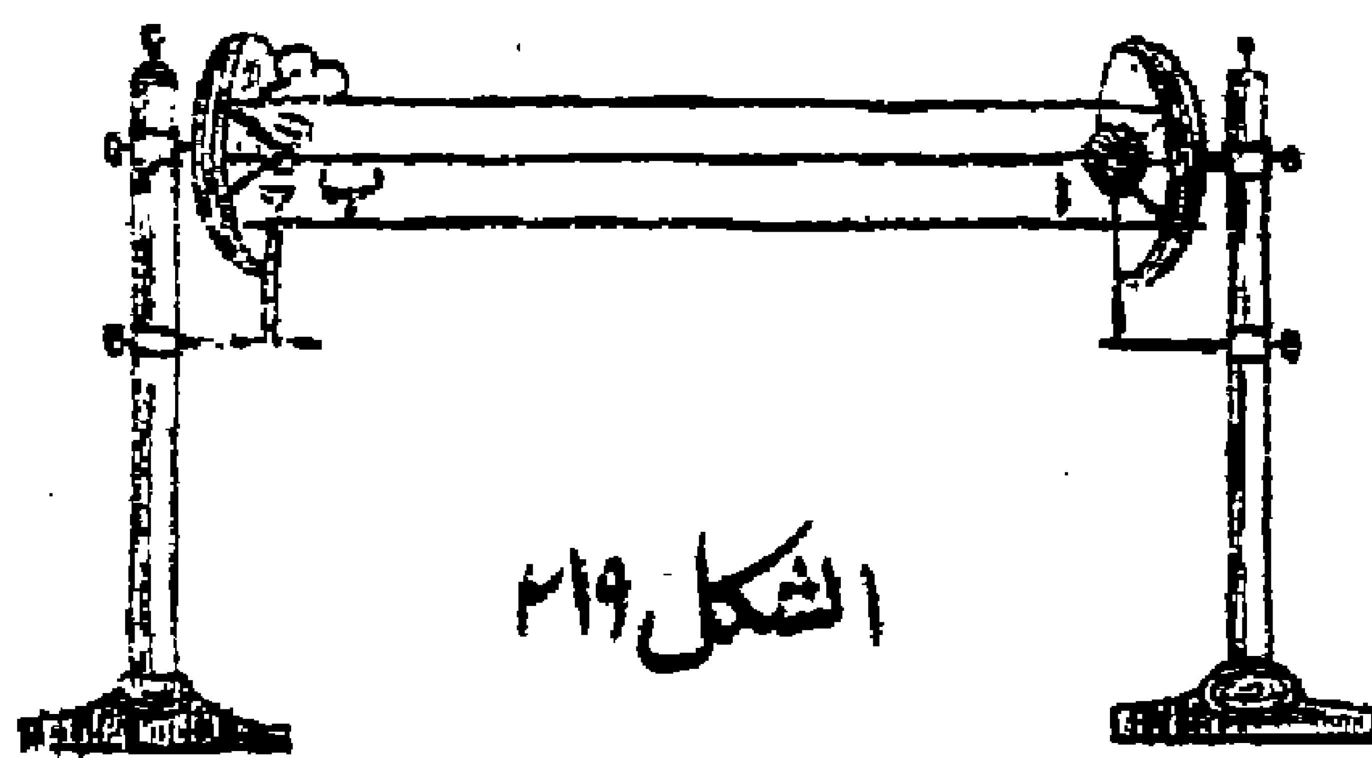
فينحرف لهيبها الى الداخل لان هواء الخارج ابرد واثقل من هواء الغرفة فتجرى دقائقه الى الغرفة من الاسفل ويحرف مجراها لهيب الشمعة ؛ وعلى هذا المبدأ يتجدد هواء الغرفة. وتضرم النار فى الوجاقات. فان هواء الغرفة البارد يدخل الوجاق من بابه فيشعل ناره ثم يسخن فيتمدد ويحمل الدخان ويصعد به من انابيب الوجاق ؛ وعلى مبدأ حمل الحرارة تحدث تيارات الماء وتهب رياح الجلد كما سيجئ

(٣٦٧) اشعاع الحرارة ؛ الاشعاع ايصال الحرارة بسير شعاعها فى خطوط مستقيمة. فاذا وقفنا بجانب النار شعرنا بحرارتها لانها توصل حرارتها الينا فى شعاع مستقيمة كما ترسل نورها الينا كذلك. وعلى هذا المنوال توصل الشمس حرارتها الى الارض

وما دامت الحرارة مارة فى اوساط لا تمنعها من المرور فيها لا توصل اليها شيئاً من حرها واما اذا وقعت على معارض يصد امواجها عن المرور فيه فتوصل حرها اليه وتحميه. ولذلك تنفذ حرارة الشمس الفضاء ولا تحميه وينضج اللحم باشعاع الحرارة تحته ولو كان الهواء حوله على درجة الجليد ؛ ولا يقتصر اشعاع الحرارة على الاجسام النيرة كالشمس والنار بل يعم كل الاجسام فالابريق الملآن ماء سخنا يشع حرارة الى كل الجهات والملآن ماء باردا يشع حرارة ايضا ولكن اقل مما يشع ذلك. وكلما ابعدت اشعة الحرارة عن الجسم الذى يشعها قلت كثافتها كمربع بعدها عنه فاذا ابعدت ذراعين صارت كثافتها ربع ما كانت عليه على بعد ذراع واحدة فقط كما مر فى النور (عد ٢٥٢)

(٣٦٨) انعكاس الحرارة ؛ اذا اشعت الحرارة من جسم الى اخر انقسمت عادة الى قسمين احدهما يدخل الجسم فيمتصه

ويرتفع درجة حرارته او ينفذه والآخر ينعكس عنه كما ينعكس



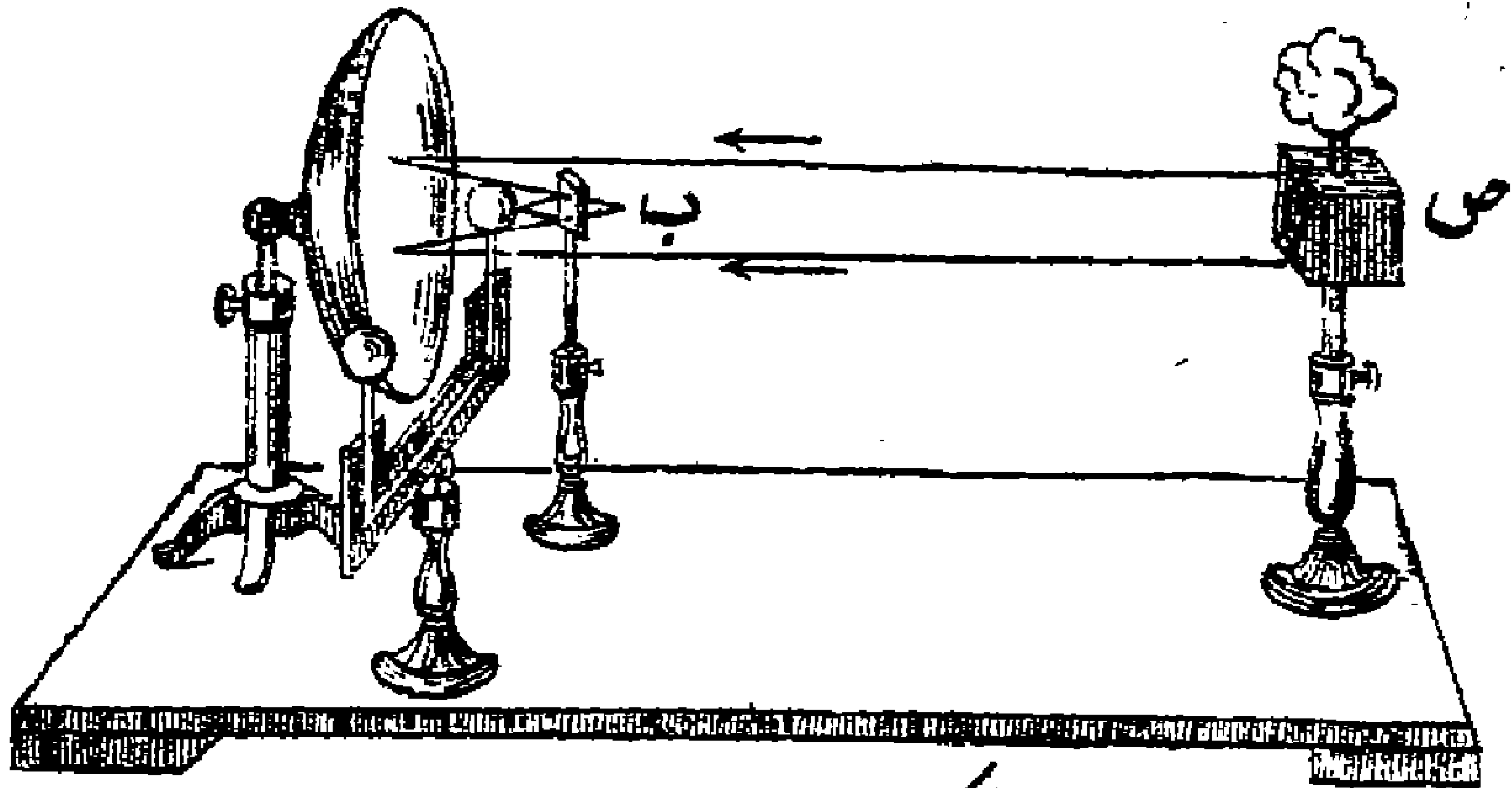
الشكل ٢١٩

الجسم المرن عن الحائط. وهذا الانعكاس يجرى على ناموس انعكاس النور اعنى ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس (عدد ٢٥٦)

ولبيان ذلك ضع مرآتين مقعرتين الواحدة قبالة الاخرى (الشكل ٢١٩) وعلى بعد عشرا ذرع منها وضع جسما حاميا فى البؤرة الرئيسة لاحداهما وجسما سريع الاشتعال كالبارود ب فى البؤرة الرئيسة للاخرى. فيشتعل البارود لان الجسم الحامى اشعّ حرارته الى كل الجهات فانعكس بعضها متوازيا عن المرآة القريبة منه (عدد ٣٦٣) ثم انعكس عن المرآة القريبة من ب وتجمع على ب فاشعله. ولو لم تكن الزاوية التى انعكست عليها الحرارة عن المرآة الثانية مساوية للزاوية التى انعكست عليها عن المرآة الاولى لم تجتمع فى البؤرة الرئيسة للمرآة الثانية ولم تشعل البارود. وقد مر الكلام فى النور عن كل ما يلزم ذكره فى انعكاس الحرارة فلا حاجة الى اعادته هنا

(٣٦٩) قوة الاجسام على عكس الحرارة * بين الاجسام تفاوت فى عكسها للحرارة فبعضها يعكسها اكثر مما يعكسها البعض الآخر. وقد تقدم ان الحرارة التى تقع على الجسم تنعكس عنه وتمتص به اذا لم تنفذ منه فكل ما يعكسها كثيرا يمتصها قليلا وكل ما يعكسها قليلا يمتصها كثيرا

وقد اوضح لسلي كيف تعرف كمية الحرارة المنعكسة عن الاجسام كما يأتي: ملأ مكعّباً من التنك ص (الشكل ٢٢٠) ماء غالياً ووضعه



الشكل ٢٢٠

امام مراة مقعرة بحيث اذا وقعت شعاع الحرارة منه على المراة تنعكس الى بؤرتها ب . ثم وسّط بين المراة وبؤرتها صفائح مربعة من الورق والزجاج والحديد والنحاس وغيرها مما اراد ان يعرف قوة عكسه للحرارة ووضعها بحيث ان كل واحدة منها تعكس اشعة الحرارة الى بؤرة اخرى امامها . ووضع في هذه البؤرة احد بلبوسي ثرمومتر التفاوت فاستدل منه على درجة الحرارة المنعكسة عن كل صفيحة . فوجد ان صفائح النحاس الاصفر الصقيل تعكس الحرارة اكثر مما سواها وصفائح الفضة تعكسها ⁹⁄₁₀ عكس النحاس الاصفر والقصدير ⁸⁄₁₀ والزجاج ¹⁄₁₀ والصفائح المدخنة او المبللة بالماء لا تعكس شيئاً بل تمتص الحرارة كلها

(٣٧٠) امتصاص الحرارة : اذا لم يعكس الجسم الحرارة ولم يمكّنها من النفوذ فيه يمتصها اي انه يبطل حركة امواجها . وبين الاجسام تفاوت في امتصاص الحرارة . وقد اوضح لسلي كيف يعرف مقدار امتصاص الجسم للحرارة كما اوضح كيف يعرف عكس الاجسام للحرارة (عد ٣٦٩) الا انه وضع بلبوس ثرمومتر التفاوت في بؤرة المراة

ولبّسه الاجسام التي اراد ان يعرف مقدار امتصاصها فوجد انه اذا لبّسه هباباً او رطّبه بالماء يرتفع الترمومتر اعظم ارتفاعه واذا البّسه ورق المعادن الرقيق ولا سيما ورق الفضة يهبط اعظم هبوطه فحقق بذلك ان اجود الاجسام لعكس الحرارة اردأها لامتصاصها واردأها للعكس الحرارة اجودها لامتصاصها

(٣٧١) قوة الاجسام على اشعاع الحرارة * وقد اوضح لسلي المذكور كيف يعرف مقدار اشعاع الاجسام لحرارتها وذلك انه عرّض بلبوس الترمومتر (الشكل ٢٢٠) والبس اوجه المكعّب ص بالاجسام المار ذكرها فكان يلبّس وجهاً زجاجاً مثلاً ووجهاً آخر هباباً وآخر ورقاً ابيض ويترك الرابع على ما هو. ثم ادار كل وجه منها نحو المرآة ونظر الى الترمومتر امامها. فوجد كذلك ان الوجه الملبس الهباب يرفع الترمومتر اعظم الارتفاع ثم الملبس الورق ثم الزجاج ثم المعدن . وذلك يوافق قوة هذه الاجسام على امتصاص الحرارة فحقق ان اصلح الاجسام لامتصاص الحرارة اصلحها ايضاً لاشعاع الحرارة اي لاخراجها منه. واثبت غيره ان مقدار الاشعاع مناسب لمقدار الامتصاص

(٣٧٢) الاسباب التي تؤثر في قوة الاجسام على الاشعاع والعكس والامتصاص * قلنا ان اشعاع الاجسام للحرارة مناسب لامتصاصها لها وان امتصاصها للحرارة معاكس لعكسها لها فكل ما يزيد الاشعاع والامتصاص يقلل العكس وكل ما يزيد العكس يقلل الاشعاع والامتصاص. وكما ان بعض الاجسام اصلح من غيرها للعكس وبعضها اصلح للاشعاع والامتصاص كذلك الجسم الواحد يكون احياناً اصلح للاشعاع والامتصاص

واحيانا اصلح للعكس حسبما تكون حالته من الصقالة والخشونة
والكثافة وحسب ميل اشعة الحرارة الواقعة عليه وطبيعة
مصدر الحرارة. اما الصقالة فلانها بقطع النظر عن باقى الصفات
المذكورة تزيد عكس الحرارة وتقلل اشعاعها وامتصاصها.
واما الخشونة فلانها بقطع النظر عن الصفات المذكورة
تعمل عكس عمل الصقالة اى تقلل عكس الحرارة. واما ميل
الاشعة فلانه كلما قربت الاشعة الى العمودى زادت قوة الاجسام على الامتصاص
ولما كانت اشعة الشمس تقرب صيفا الى العمودى فى
وقوعها على الارض وتنحرف شتاء عنه كان الامتصاص فى الصيف
عظيما والحر شديدا وكان الامتصاص فى الشتاء قليلا والحر ضعيفا.
واما كثافة الجسم المشع فلانه اذا اشعل غاز كغاز الهيدروجين
كان اشعاعه ضعيفا جدا لانه لطيف مع ان حرارته شديدة ولذلك
اذا وضعت فيه شريطة من البلاتين فعندما تصير بحرارته تشع
حرارة كثيرة. ولهذا السبب يشع ضوء الزيت حرارة اعظم
مما يشع ضوء الهيدروجين مع ان ضوء الهيدروجين احر من
ضوء الزيت لان الزيت يحتوى كربونا بزيادة فما لا يكمل احتراقه
فى اللهيب يحمى فيه الى الانارة. واما طبيعة مصدر النور فيظهر
تاثيرها اذا لبست صفيحة رصاصا ابيض وقربت من قنديل
ومن مكعب فيه ماء سخن بحرارته كحرارة القنديل فانها
تمتص من حرارة المكعب ضعفى ما تمتصه من حرارة القنديل
واما اذا لبست هبابا عوضا عن الرصاص وقربت من القنديل
والمكعب فتمتص مقدارا واحدا من حرارة المصدرين

(۳۷۳) فوائد الاشعاع والعكس والامتصاص فى الاجسام

البيضاء كالقطن والجوخ والصوف ونحوها من المواد النباتية وا
الحيوانية تعكس اشعة الحرارة الواقعة عليها من جسم منير
كالشمس اكثر مما تمتصها بخلاف الاجسام السوداء ولذلك
يفضل لبس الاردية البيضاء صيفاً. اذا اريد ابقاء الماء سخناً
زماناً يوضع في وعاء صقيل لامع من النحاس او نحوه لانه لايشع الا قليلا
من حرارة الماء. ان الثلج يعكس الحرارة كثيرا ويشعها ويمتصها قليلا
فاذا غطى المزروعات وقاها من الصقيع واذا كان فيه فحم او حطب
او جسم اخر اسود اللون ذاب (الثلج) سريعاً من حوله بالحرارة التي
يمتصها ذلك الجسم الغريب. يجب ان تكون القدر سوداء او خشنة
من الخارج فيكثر امتصاصها للحرارة ويسخن ما فيها سريعاً.
اذا كان العنب او غيره بقرب حائط اسود اللون نضج باكراً لان
الحائط يمتص كثيرا من الحرارة ويشعها اليه فيسخنه وينضجه
بها. ان الزيوت والاجسام الدهنية تعكس الحرارة كثيراً و
تمتصها قليلا. فيدهن سكان الاصقاع الشمالية لتحفظ حرارتهم
عليهم فيدفأوا ويدهن بها سكان البلاد الحارة لكي لاتمتص
اجسادهم حرارة من الخارج وتسخن فهي تقضي غرضين متضادين
وقس على ما ذكر ما لم يذكر

(٣٤٧) نفوذ الحرارة: ان النور ينفذ كل جسم شفاف
ولو اختلفت مصادره واما اشعة الحرارة فلا تنفذ كل جسم
شفاف اذا اختلفت مصادرها فحرارة الشمس تنفذ كل
الاجسام الشفافة كالنور واما الحرارة المشعة عن جسم في
الارض فسواء كانت منيرة او مظلمة لاتنفذ بعض الاجسام
الشفافة. وقد تقدم (عد ٣٣٤) ان الوسط الذي تنفذه

الحرارة يقال له دياثرمي والذي لاتنفذه يقال له أثرمي ـ
والآن نقول ان الوسط الواحد قد يكون دياثرميا لحرارة
آتية من مصدر واثرميا لحرارة آتية من مصدر آخر فالزجاج
العديم اللون دياثرمي لحرارة الشمس فتنفذه كما ينفذ النور
واثرمي لحرارة النار وعلى الخصوص لحرارة مكعب لسلي
(عد ٣٦٩). والماء تنفذه حرارة الشمس يسيرا ولا تنفذه
حرارة مكعب لسلي ـ

وعلى ذلك تنفذ حرارة الشمس الهواء والبخار المائي الذي فيه وزجاج النوافذ
ثم تمتصها الارض وما عليها وتشعها امواجا متطاولة طويلة بطيئة فلا تستطيع والحالة هذه
ان تنفذ بخار الماء في الهواء بل تحبس فيه لتدفأ بها المخلوقات الارضية. ولو زال
البخار المائي من الهواء لكثر اشعاع الارض للحرارة واشتد زمهريرها حتى لم تعد
تصلح لدوام حياة ما عليها من المخلوقات الحية. فان الصحراء قد يحدث فيها
الجليد ليلا مع كل حرها نهارا لانها تشع حرارتها اشعاعا مفرطا بسبب جفاف
هوائها وهذا الاشعاع التابع لجفاف الهواء سبب من اسباب البرد على الاعالي
العظيمة والجبال الشامخة ـ

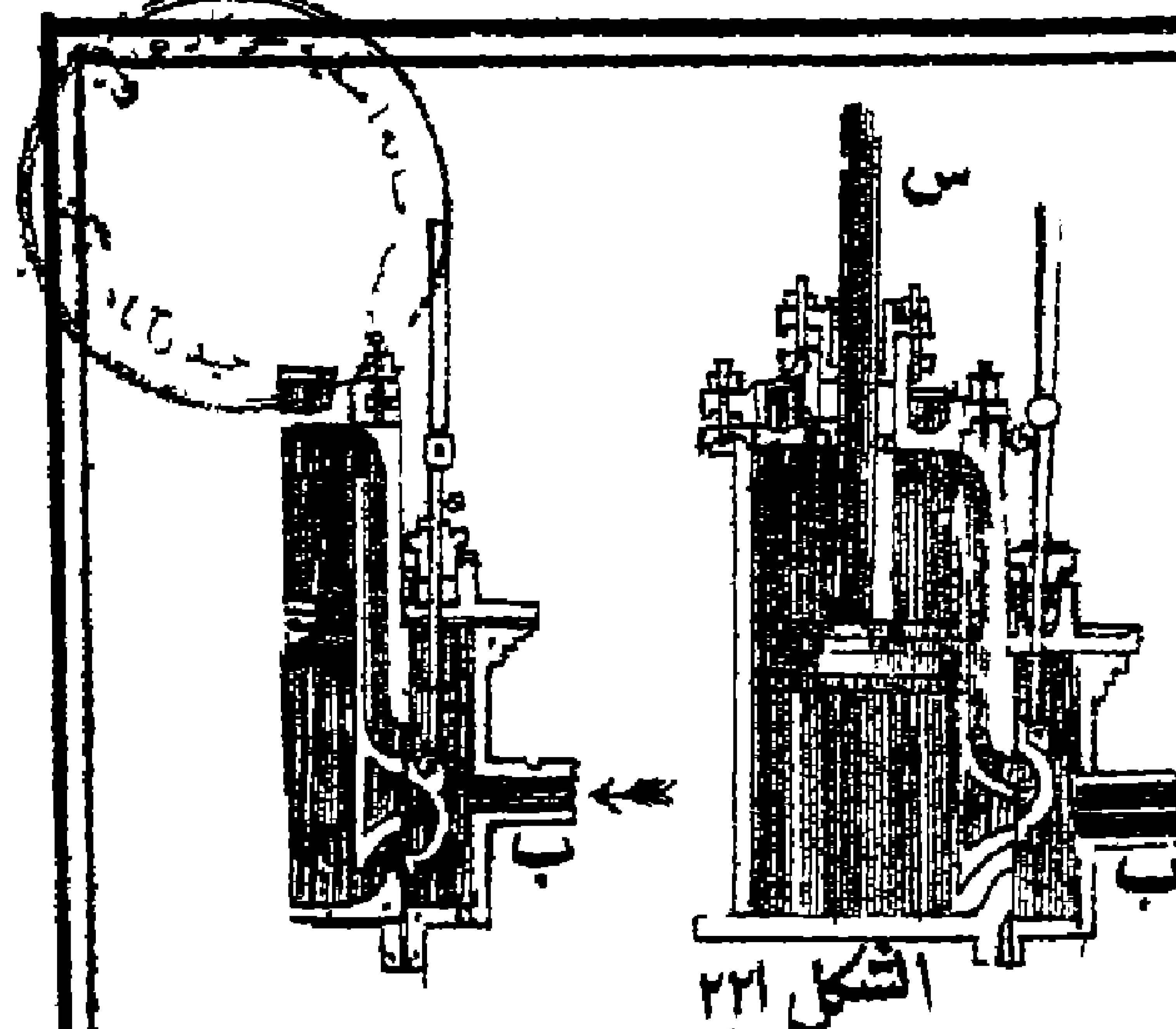
الفصل الرابع
في الآلة البخارية

(۳۷۵) قوة مرونة البخار المائي: البخار المائي جسم مرن فاذا بخر الماء الغالي من وعاء مكشوف كانت قوة مرونته مساوية لضغط الهواء اي ۱۵ ليبرا على القيراط المربع (عد ۱۶۵) واما اذا سد الوعاء فانحصر فيه البخار يتيسر لنا ان يتمدد بارتفاع درجة الحرارة في مائه فتزيد مرونته جدا على نسبة اعظم من نسبة ارتفاع الحرارة

لانه اذا ارتفعت درجة الحرارة من ۲۱۲° ف الى ۲۵۱° ف فقط زادت قوة المرونة في البخار مما يساوي جلدا واحدا الى ما يساوي جلدين واذا ارتفعت الحرارة الى ۲۷۵° فقط ساوت قوة مرونته ثلاثة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ۳۰۷° ساوت قوة مرونته خمسة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ۳۵۹° ساوت قوة المرونة عشرة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ۳۹۳° ساوت قوة المرونة خمسة عشر جلدا. واذا ارتفعت الحرارة الى ۴۱۸° ساوت قوة المرونة عشرين جلدا وهلم جرا. فيكون مقدار زيادة الحرارة اقل جدا من مقدار زيادة قوة المرونة

ولذلك اذا انحصر البخار وزيدت الحرارة ازدادت قوة مرونته ازديادا عظيما فيضغط جدران الاناء المحصور فيه حتى يشققها ويمزقها كل ممزق اذا لم يجد منها منفذا. وعلى قوة مرونة البخار هذه مدار الآلة البخارية كما سترى.

(۳۷۶) الآلة البخارية: الآلة البخارية اسم لكل آلة تستعمل فيها قوة مرونة البخار لتحريك الاجسام وفعل الاعمال. وهي على صور شتى لا ضابط لها ولكنها لا تخلو من ان تكون عالية الضغط او سافلة الضغط. فالعالية الضغط هي التي تزيد قوة مرونة البخار فيها عن ۱۵ ليبرا للقيراط المربع ويفلت البخار منها الى الهواء



الشكل ٢٢١

بعد استعماله. والسافلة الضغط هى التى لا تزيد قوة مرونة البخار فيها كثيرا عن ٥ ليبر للقيراط المربع عادة ولا يفلت البخار منها الى الهواء بعد استعماله بل يسيّل فى وعاء بالماء البارد كما سيأتى (عد ٣٧٨)

(٣٧٧) اسطوانة الالة البخارية ‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌ الاجزاء الجوهرية التى لابد منها فى الالة البخارية خلقين يُغلى الماء فيها ليتصاعد عنه البخار. واسطوانة يدخل اليها البخار. ومدك يصعد وينزل فى الاسطوانة باحكام بقوة مرونة البخار. ترى صورة الاسطوانة والمدك س فى الشكل ٢٢١ فهذه الاسطوانة مثقوبة من جانب من جوانبها ثقبين احدهما فى الاعلى والآخر فى الاسفل . ومدكها س يصعد وينزل فيها باحكام تام. وهذه الحركة اى صعود المدك ونزوله هى كل ما يطلب الحصول عليه من الالة البخارية ولذلك يقتضى ايضاح الحصول عليها بالتفصيل

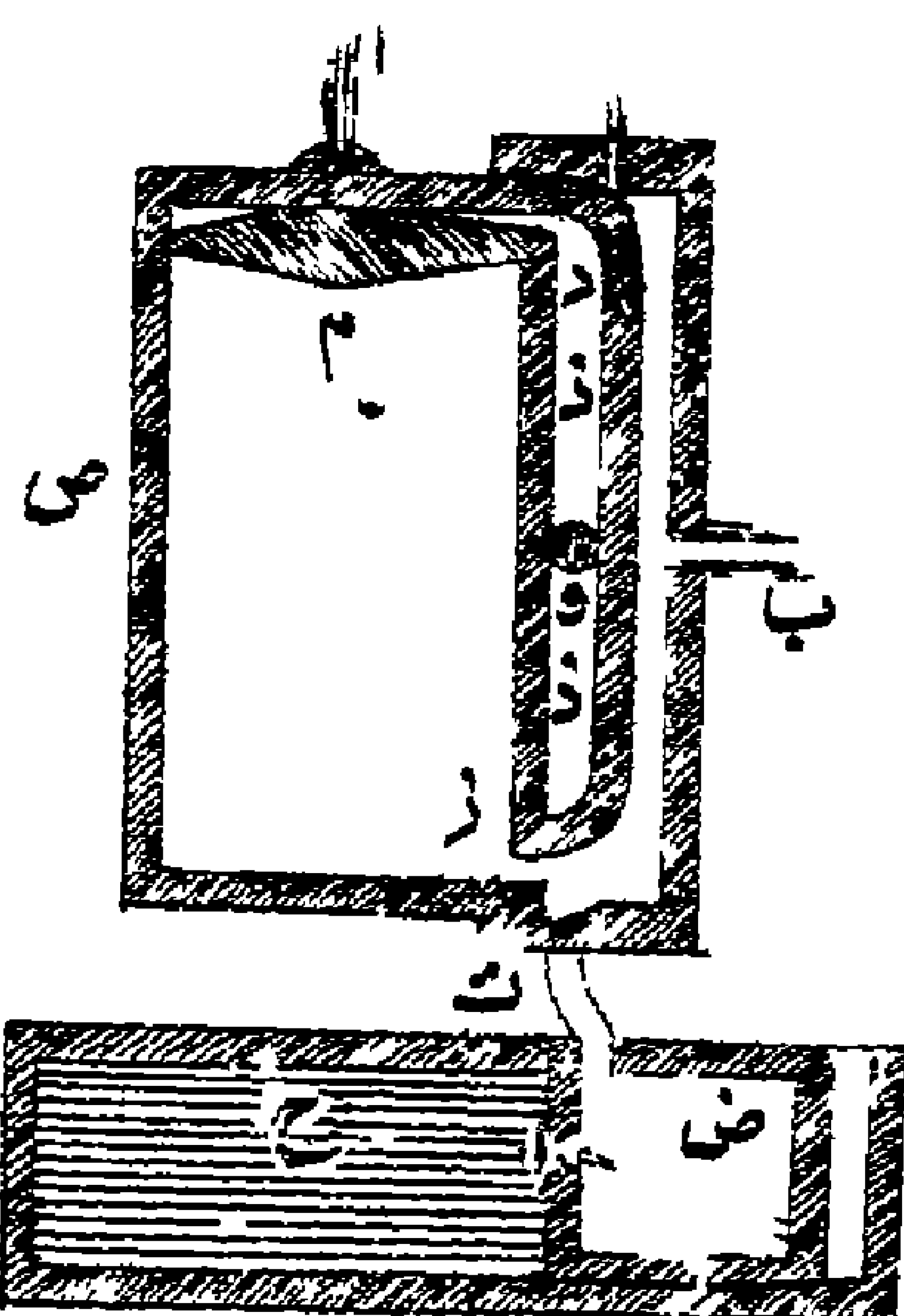
اذا امعنت النظر فى القضيب هـ رأيته منتهيا من اسفله بقوس. فهذا القضيب وقوسه يسميان معاً المصراع المزحلق لانه يتزحلق على جانب الاسطوانة فيسد تارة الثقب الاعلى كما ترى عن يمين الشكل وطورا الثقب الاسفل كما ترى عن يسار الشكل. ثم لنفرض ان البخار تصاعد عن الخلقين مرناً جداً وجرى فى الانبوبة ب فى جهة السهم فيدخل اولا الى غرفة البخار وهى الغرفة التى فيها المصراع المزحلق. ولنفرض ايضاً ان المصراع المزحلق اخذ فى الارتفاع بحيث يسد الثقب الاعلى

ويفتح الثقب الاسفل كما ترى عن يمين الشكل و ان المدك فى اسفل الاسطوانة. فالبخار يجرى من غرفة البخار الى سفل الاسطوانة من ثقبها الاسفل ولا يجرى الى اعلى الاسطوانة لان المصراع المزحلق يعترض بينه و بين ثقبها الاعلى. ولا يزال يتجمع فى اسفل الاسطوانة تحت المدك حتى تصير قوة مرونته كافية لرفعه فيرفعه. وقبلما يبلغ المدك اعلى الاسطوانة ينزل المصراع المزحلق فيسد الثقب الاسفل ويفتح الثقب الاعلى. فيجرى البخار حينئذ من غرفته الى اعلى الاسطوانة من ثقبها الاعلى ويقتصر عن الثقب الاسفل لان المصراع المزحلق حائل بينهما. ولا يزال البخار يتجمع فى اعلى الاسطوانة فوق المدك حتى تصير قوة مرونته كافية لانزاله. فينزل المدك فى الاسطوانة وتحته فراغ لان البخار الذى تحته يخرج من الثقب الاسفل الذى دخل منه ثم يرتفع المصراع المزحلق فيفتح الثقب الاسفل ويسد الثقب الاعلى فيدخل البخار الى اسفل الاسطوانة ويرفع المدك. فيرتفع المدك وفوقه فراغ لان البخار الذى فوقه يخرج من الثقب الاعلى الذى دخل منه. وعلى هذا الاسلوب يصعد المدك وينزل فى الاسطوانة بقوة البخار فتحصل الحركة المطلوبة

واما البخار الذى يخرج من الثقبين فيجتمع ضمن قوس المصراع المزحلق ويجرى فى انبوبة من تجويف هناك الى حوض ماء بارد حيث يتكاثف ويسيل[1]

(۱) هذا يكون فى الآلة السافلة الضغط واما الآلة العالية الضغط فالبخار يطرد فيها من تحت المدك ومن فوقه الى الهواء. وبما انه يكون اتصال بين الهواء وبين البخار الذى تحت المدك والذى فوقه فالمدك لا يرتفع ولا ينخفض ما لم يقاوم ضغط الهواء اى ٥ ليبرا على القيراط المربع فتكون قوة مرونة البخار الذى يرفع المدك او ينزله فى الآلة العالية الضغط اعظم من قوة البخار فى الآلة السافلة الضغط بجلد واحد. ولذلك سميت عالية الضغط

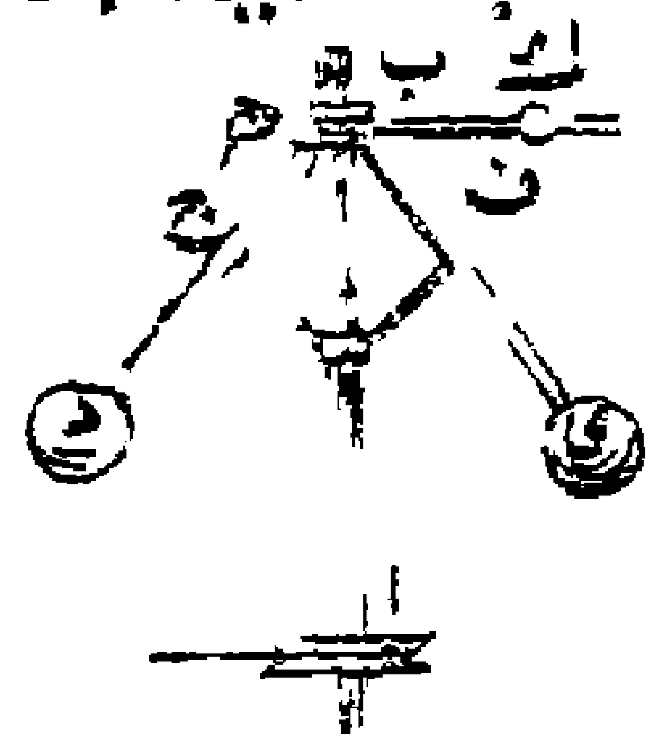
ويتضح لك هذا من الشكل ٢٢٢ ب انبوبة البخار وص الاسطوانة وم المدك وذ ذ المصراع المزحلق فى غرفة البخار ود الثقب الاعلى فى الاسطوانة وز الثقب الاسفل وو التجويف الذى يخرج البخار اليه وك الانبوبة التى يجرى البخار فيها من التجويف وض حوض الماء البارد الذى يتكاثف البخار ويسيل فيه ويسمى الضاغط وح حوض آخر للماء البارد يحيط بالضاغط ليبقى ماءه باردًا وليمدّه بالماء البارد من الحنفية ل



الشكل ٢٢٢

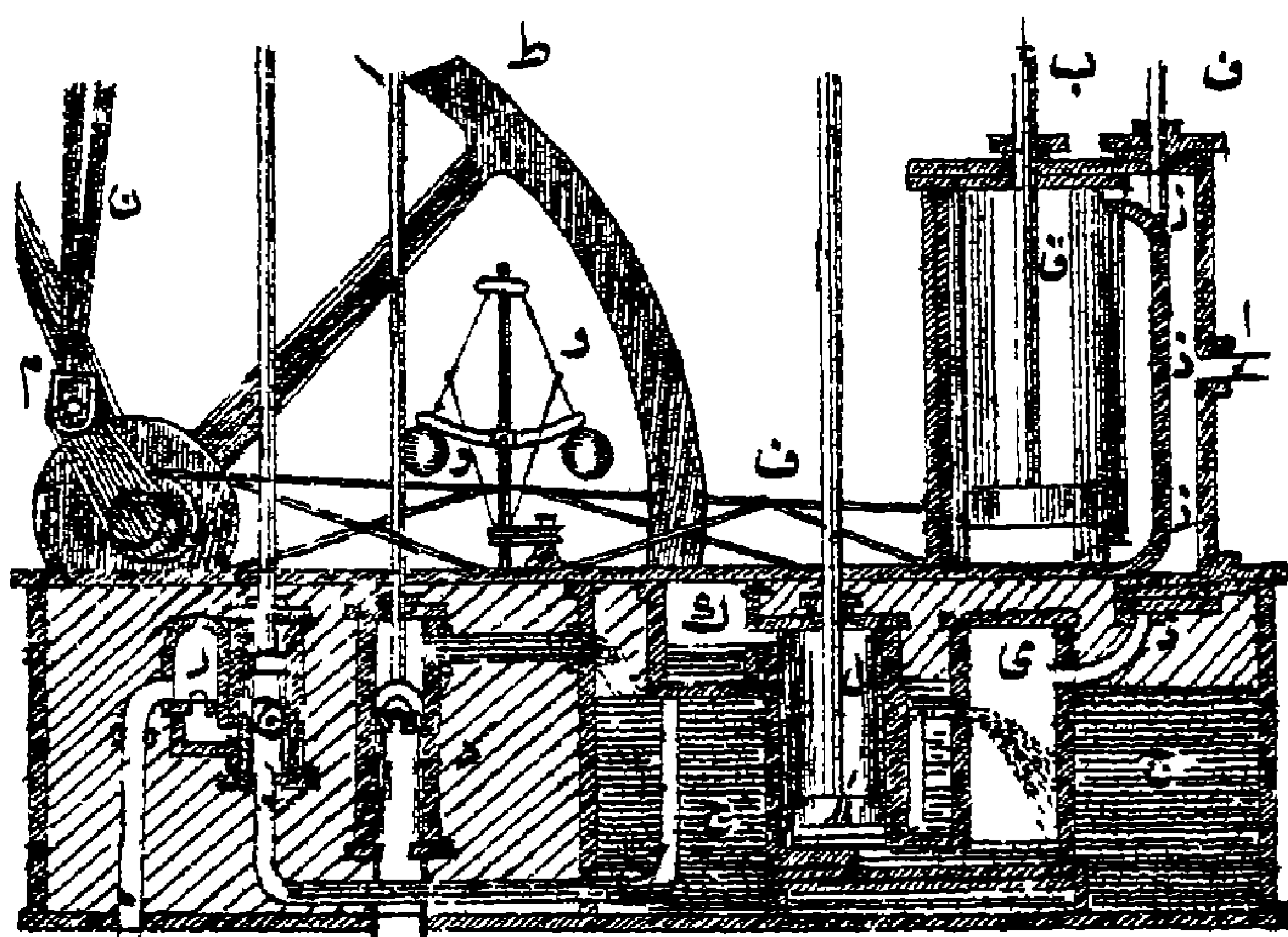
(٣٧٨) الخلقين ٭ واما الخلقين فتكون غالبًا اسطوانة كبيرة على اشكال متعددة حسب ما تستعمل له والمعتاد فى ما كان منقنًا منها ان تمتد فى داخله اذابيب تجرى اليها حرارة النار ويصب الماء حول هذه الانابيب فيتحوّل فى الخلقين الى بخار تتزايد قوة مرونته بانحصاره فيها ويجرى منها فى انبوبة البخار حتى يصل الى الاسطوانة كما تقدم. ويصب الماء فى الخلقين بطلمبا ترفعه من الضاغط بعد ان يسخن فيه. وان لم يكن لها ضاغط تصب الطلمبا الماء فيها باردًا

(٣٧٩) الوالى ٭ من الادوات المهمة فى الآلة البخارية الوالى (الشكل ٢٢٣) والغرض منه تعديل حركة المدك فى الاسطوانة وهو مركب من كرتين ذوى متصلتين


الشكل ٢٢٣

بزيدين ف وج وتدوران على المحور ا ب . وهذا المحور متصل بمصراع فى انبوبة البخار . فاذا كثر البخار الداخل الى اسطوانة المدك بحيث يحرك المدك تحريكا سريعا اسرع دوران الكرتين ايضا فتتباعدان بقوة التباعد عن المركز وتديران المصراع المذكور بحيث يحول دون دخول البخار فلا يمر منه الا مقدار كافيا ولذلك تقل السرعة عما كانت . واذا قل البخار الداخل الى الاسطوانة قلت سرعة المدك وسرعة دوران الكرتين فى الوالى ايضا فتديران المصراع بحيث ينفتح السبيل للبخار فيدخل منه الى الاسطوانة ما يكفى لجعل سرعة المدك بقدر المطلوب

فهذه اشهر اجزاء الالة البخارية ويلحق بها اجزاء اخرى كثيرة لاغراض شتى نذكر هلونيين كيفية استعمال حركة المدك لقضاء الاعمال فى وصف الشكل الاتى : وهو صورة الة بخارية سافلة الضغط . انبوبة البخار ترى فيها المصراع الذى يضيق به الوالى مدخل البخار ويوسعه



الشكل ٢٢٤

وزن ر المصراع المزحلق فى انبوبة البخار. و د د الانبوبة التى تحمل البخار الخارج من الاسطوانة ت الى الضاغطى ول طلمبا تسحب الماء السخن من الضاغطى وتصبه فى حوض ك. وح طلمبا اخرى تسحب الماء السخن من ك وتصبه فى مجرى من ر الى الخلقين. وج ج حوض الماء البارد المحيط بالضاغط والذى يمده بمائه. وذ طلمبا يسحب بها الماء البارد من البئر او نحوها ويصب فى الحوض ج ج. وو الوالى وهو متصل بالمصراع فى انبوبة البخار ف ليعدل الحركة. ويوجد ايضا توابع اخرى كمصاريع الامن والعقامة لم نتعرض لذكرها. وكذلك لا محل لذكر التدبير لحركة قضيب المصراع المُزحلق هنا

ويتصل قضيب المدك من اعلاه بجسر يقال له جسر الحركة وهذا الجسر يرتكز فوق عمود من هنا فى الآلة وعمود من هناك عند وسطه على محور وطرفاه يتحركان على ذلك المحور الى فوق والى اسفل على التوالى ولم يرسم فى الشكل ويكون اتصال المدك به على شكل انه كلما صعد المدك ونزل يُحَرِّكُ الجسر على محوره مرة واحدة اذ يرفع احد طرفيه وينزله فينزل الآخر ويصعد. ويتصل بالجسر ايضا قضبان الطلمبات الثلاث ل و ذ و ح فتتحرك بحركته. ويتصل به ايضا دولاب الحركة ط بواسطتى فيدور بدورانه. وفائدة هذا الدولاب الكبير انه كلما انقطع المدك عن الحركة بين صعوده ونزوله ونزوله وصعوده يبقى هو متحركا باستمراره فيتحرك جسر الحركة على الدوام. وتلتف حول جسر الحركة وحول دواليب الآلات اخر سيور من الجلد فتوصل حركته الى الدواليب والدواليب توصل حركته الى دواليب اخرى اما راسا او بواسطة. فتتحرك بحركته دواليب كثيرة لقضاء اغراض شتى

(٣٨٠) عمل الآلة البخارية وقوتها: ان مقدار العمل اي قوة العمل او زخمه في الآلة البخارية هو مبلغ العمل المكمل في وقت مفروض والوقت المصطلح عليه غالباً في العرف العام هو ثانية. ومقادير العمل تقاس بقوة حصان فيقال عن آلة ما ان هذه الآلة قوة حصانين مثلاً ويعني بذلك ان قوتها التي تشتد بها تساوي قوة حصانين. اما قوة الحصان المعتدلة فقد عين لها الانكليز في اصطلاحهم ٥٥٠ ليبرا قدمية ومعنى الليبرا القدمية رفع الليبرا من الثقل قدماً واحدة في ثانية. واما في فرنسا فهي قوة رفع ٧٥ كيلوكرام متراً واحداً في ثانية وذلك يساوي ٥٤٢ ليبرا قدمية في الثانية اقل قليلاً من قوة حصان عند الانكليز فتكون قيمة الكيلوكرام المتري ٧٫٢٣٣ ليبرا قدمية لان ٧٫٢٣٣×٧٥=٥٤٢ تقريباً. فاذا اردنا ان نعرف قوة العمل الذي تعمله الآلة البخارية نضرب معدل ضغط البخار على المدك (اي بخار الخلقين متصلاً ببخار الضاغط كما رأيت في الآلة) في مساحة المدك في علو الاسطوانة في عدة الدكات (مرورات المدك من طرف الى طرف في الاسطوانة) مدة وقت مفروض فالحاصل الاخير هو قوة الآلة في ذلك الوقت.

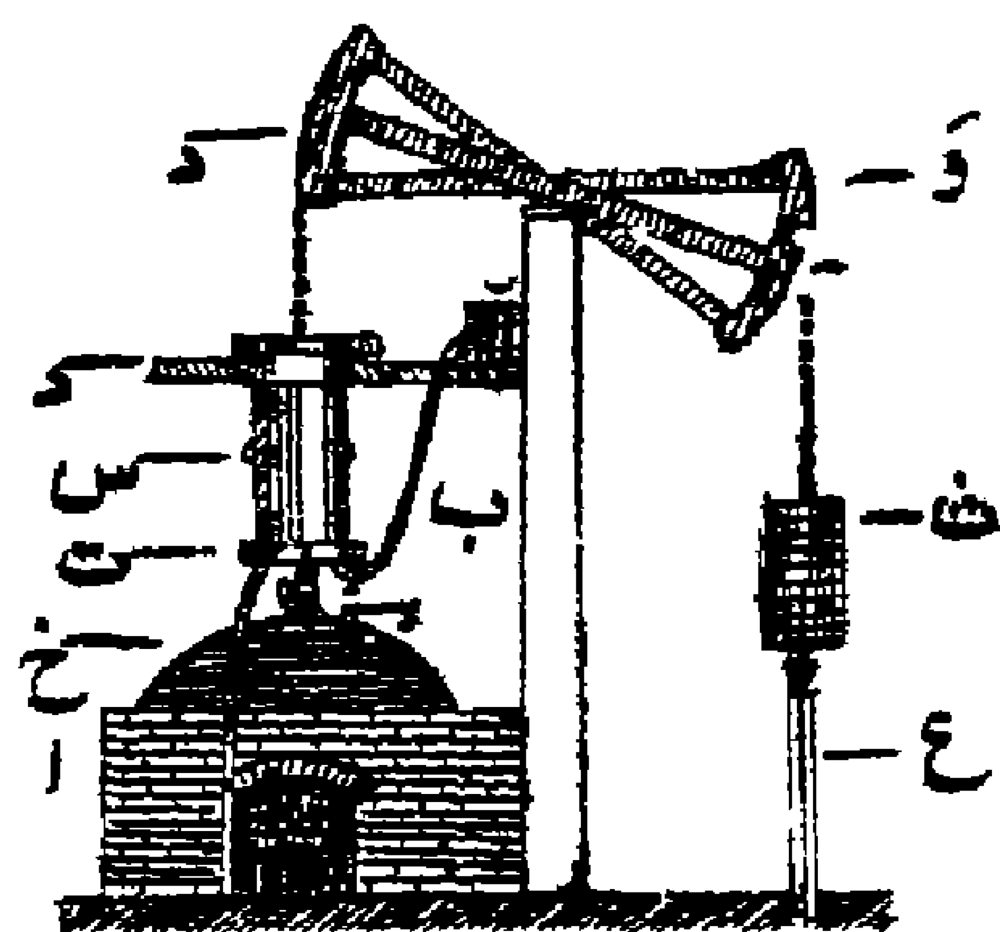
لنفرض مثلاً ان آلة بخار تشتغل بضغط ¾ جلد والضغط في الضاغط نصف جلد فالمعدل جلد واحد يعدل ١٤ ليبرا على كل قيراط مربع (عد ١٦٥) ولنفرض مساحة المدك ٥٠ قيراطاً مربعاً (القدم الانكليزية ١٢ قيراطا ومربعها ١٤٤ قيراطاً مربعاً) وعدد الدكات المزدوجة ٦٠ في الدقيقة اي ١٢٠ دكة مفردة وطول الدكة ٢١ قيراطا تكون قوة الآلة المذكورة لـ

زخمها يساوى ۳۴۱×۰۵×۵×۷۵ ×۱۲۰= ۴۷۰۰۰ ليبرا قدمية فى الدقيقة

ولكن الفعل الحقيقى للآلة المعول عليه هو ۵۰٪ الى ۷۰٪ مما ينتج بعملية الحساب التى مر تفصيلها فتخسر من قوتها ما بين ۵٪ الى ۳ بسبب الاحتكاك فى الآلة الذى لابد منه و باسباب أخر. ومعدل الخسارة ۴۰٪ والباقى من القوة نحو ۶۰٪ . فتكون القوة الحقيقية فى الآلة المتقدم ذكرها ۲۸۲۰۰ ليبرا قدمية فى الدقيقة وذلك = ۴۷۰ ليبرا قدمية فى الثانية او ۲ ۶/۱۱ قوة حصان تقريباً

(۳۸۱) تاريخ الآلة البخارية. ان استعمال البخار لقضاء الاعمال قديم يحسب من ايام هيرو قبل المسيح ۱۳۰ سنة. والمظنون ان بلاسكو الاسبانى ساق به سفينة محمولها ۲۰۰ طن ثلاثة اميال فى الساعة سنة ۱۵۴۳ وهى اول سفينة بخارية. ثم تلاه غيره ممن لهم دخل فى اختراع الآلة البخارية الى ان صنع سافارى آلة بخارية لرفع الماء على هذا المبدأ: يجمع البخار فى وعاء ثم يصب ماء بارد على خارج هذا الوعاء فيبرد البخار الذى فيه تاركاً موضعه فارغاً فيجرى الى موضعه الماء المراد سحبه ويشغل ذلك الفراغ. ثم يدخل البخار ثانية الى الوعاء فيرفع الماء منه بقوة مرونته ويرفعه الى مكان اعلى حسب المطلوب وهكذا يقال ان پاپن الفرنساوى كان اول من استعمل المدك فى الاسطوانة سنة ۱۶۹۰ وانه صنع اسطوانة عمودية مسدودة من اسفلها ومفتوحة من اعلاها وانزل فيها مدكا وكان يدخل البخار اليها فيرفع المدك. ثم يقطع البخار عنها حتى تبرد ويتكاثف البخار الذى فيها ويهبط تحت المدك فينزل المدك وراءه بضغط الهواء له —

والمحقق انه فى سنة ١٧٠٥ اصطنع نيوكمن وكولى الانكليزيان آلة بخارية لرفع الماء بواسطة مدك يصعد وينزل فى الاسطوانة كما فى (الشكل ٢٢٥): ا



الشكل ٢٢٥

اتون توقد فيه النار تحت الحلقين خ فتبخر الحلقين بخارا يصعد الى الاسطوانة س ويرفع المدك د فيرتفع الجانب وص الجسر المتصل بالمدك بسلسلة ويهبط الجانب وبالثقل ث وتهبط معه ع عصا الطلمبا المراد سحب الماء بها. ثم تسد الحنفية التى يمر البخار فيها من الحلقين خ الى الاسطوانة س وتفتح حنفية فى الانبوبة العليا ب فيجرى الماء البارد من الحوض الذى تتصل الانبوبة به ويدخل الى الاسطوانة فيكثف البخار الذى فيها ويسيله فينصب هذا البخار الى الانبوبة السفلى ت وينزل المدك بضغط الهواء له وبنزوله ترتفع عصا الطلمبا ثم يكرر ادخال البخار الى الاسطوانة لرفع المدك وادخال الماء البارد لتنزيله كما تقدم وهلم جرا. ولا يخفى ان ادخال الماء البارد الى الاسطوانة وراء البخار يبردها فيقتضى احماؤها ثانية وقودا زائدا. ولذلك لما عرض تصليح هذه الآلة على جيمس وط الانكليزى سنة ١٧٦٣ ورأى ما يقتضى لها من النفقة عكف على تصليحها وتحسينها وقضى خمسين سنة يغير فيها ويزيد حتى جاء بالآلة البخارية المستعملة الآن. ففتح للتمدن اوسع سبيل لان البخار لم يكن يستعمل قبل زمانه الا لرفع الماء واما الآن فاشهر مراكب البحر ومركبات البر واكثر الآلات تجرى بالآلة التى اخترعها وعليها مدار الثروة ورفاهة المعيشة وتحسن الحضارة

فائدة * لسبب الاحتكاك وغيره من الموانع لا يصفى من قوة البخار بالآلة البخارية الا ٦٠ او ٧٠ جزءا من كل ١٠٠ جزء اى تخسر نحو ⅖ او ⅓ من كل القوة

الفصل الخامس

فى الظواهر الجوية

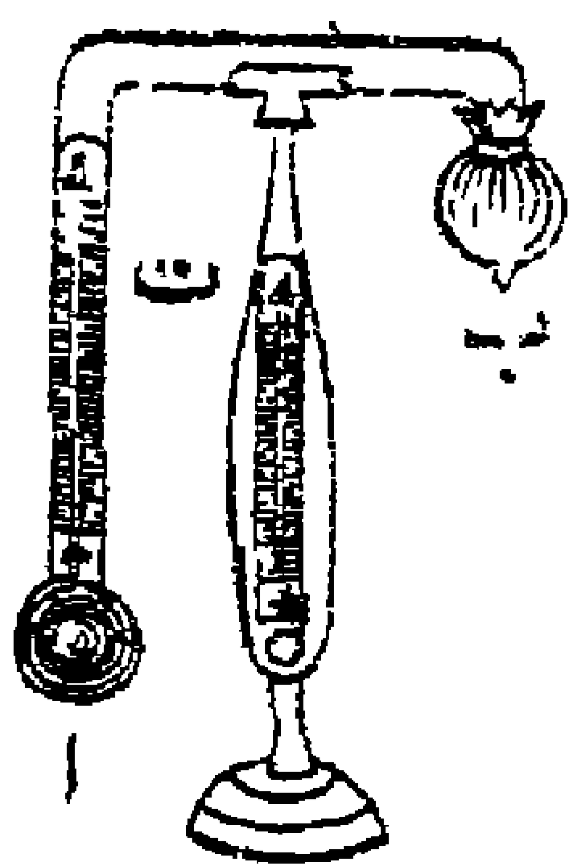
(٣٨٢) الظواهر الجوية وتعرف بالمتيورولوجيا ايضا فن يبحث فيه عما يحدث فى الجو او فى ما يتعلق به من حرّ وبرد وريح ونوء وغيم ومطر وثلج وبرد والظواهر النورية والكهربائية الى غير ذلك. وهو فن يرجى منه النفع العظيم للملاحة والزراعة والاحتياطات الصحية فضلاً عن فوائده العلمية وسنقتصر فى هذا الفصل على بعض ما يتعلق منه بالحرارة فقط

(٣٨٣) اشباع الرطوبة للهواء. ان البخار يتصاعد دائماً عن الارض ومياهها بحرارة الشمس ويتخلل الهواء بقوة مرونته ولذلك لا يخلو الهواء البتة من الرطوبة لان الرطوبة هى بخار الماء عينه. الّا ان مقدار الرطوبة ينقص فيه ويزيد ولزيادته هذه حد معين اذا بلغته وقفت عنده لانّ قوّة مرونة الرطوبة تصير حينئذ كافية لمنع الماء عن التحول الى بخار (عد ٣٦٢) فيقال ان الرطوبة قد اشبعت الهواء لانه لا يسع منها اكثر مما فيه

غير ان هذا الاشباع لا يكون المقدار اللازم له من الرطوبة واحداً على كل حال بل يتغير حسب تغير حرارة الهواء. فاذا كان الهواء مشبعاً على ٧٥° ف مثلاً وارتفعت تلك الدرجة الى ٨٠° لا يبقى مشبعاً بل يحتاج الى رطوبة اكثر مما فيه لاشباعه لانه يصير يسع منها اكثر مما فيه. واذا هبطت تلك الدرجة الى ٥٠ تزيد الرطوبة التى فيه كثيراً عن اشباعه فينعصر الزائد منها

ويقع مطراً وبرداً وثلجاً ونحو ذلك. وعليه لا يحدث ندى ولا مطر ولا ثلج ولا برد ما لم تزد الرطوبة عن اشباع الهواء. وعليه ايضاً يقال ان هواء محل ارطب من هواء محل اخر ولو كانت كمية الرطوبة المطلقة فيه اقل مما هي في الآخر لان رطوبته تعتبر بالنسبة الى اشباعه واشباعه يتغير بالنسبة الى درجة حرارته. فالهواء الذي حرارته ٥٠° ف يشبعه نصف الرطوبة التي تشبع هواء حرارته ٧٥° ف. ولذلك اذا كان في البارد منهما ثلث الرطوبة التي في الحار يكون ارطب لانه اقرب منه الى الاشباع. وتسمى هذه الرطوبة المنسوبة الى الاشباع الرطوبة النسبية تمييزاً لها عن الرطوبة المطلقة التي يعتبر فيها مقدار الرطوبة من حيث هو بقطع النظر عن الاشباع

(٣٨٤) الهيغرومتر. ودرجة الندى ‹ الهيغرومتر آلة لقياس رطوبة الهواء النسبية (عد ٣٨٣) وهو على اشكال شتى. منها هيغرومتر دانيال وهو انبوبة منحنية (الشكل ٢٢٦) لها في طرفها الواحد بلبوس اسود ا وفي طرفها الآخر بلبوس عليه قطعة من المصليناب وهي مركبة على عمود عليه ثرمومتر. وفي ساق الانبوبة ت ثرمومتر آخر ينزل بلبوسه الى ا. ويكون في ا ايثير الى نصفه او ثلثيه ويكون في ب وباقي الانبوبة بخار من ذلك الايثير فقط. ثم ترطب قطعة المصلينا بقليل من الايثير فعند تحوله الى بخار تبرد سريعاً (عد ٣٦٣) وتبرد البلبوس ب. فيبرد بخار الايثير الذي داخله ويسيل وبذلك يرتفع ضغطه عن الايثير الذي في ا. فيتحول بعض هذا الايثير الى بخار ينكثف ايضاً في ب من البرد. وكلما تحول بعضه الى بخار برد الباقي



الشكل ٢٢٦

(لاختفاء جانب من حرارته في البخار) ويبرّد البلبوس او البلبوس يبرّد الهواء المحيط به وتقاس درجة التبريد هذه بالترمومتر الذي فيه. وبتكرار العمل على ما تقدم يبرد الهواء المحيط بالبلبوس حتى تصير الرطوبة التي فيه اكثر مما يلزم لاشباعه فيتحول الزائد منها الى ماء يندي السطح الخارجي من البلبوس احول الاثير الذي فيه. فتقرأ درجة حرارة هذا البلبوس حال ابتداء الندى عليه وهي درجة الندى اي الدرجة التي اذا هبطت الحرارة اليها حينئذ تشبعه الرطوبة التي فيه ويتحول بعضها الى ندى. وتقرأ درجة حرارة الهواء حينئذ بالترمومتر الذي على العمود فيُعرَف الفرق بينها وبين درجة الندى. فكلما زاد الفرق بينهما قلت الرطوبة النسبية وكلما قل الفرق بينهما زادت الرطوبة النسبية

والشائع في الاستعمال الآن الهيغرومتر الرطب البلبوس وهو مصنوع على مبدأ أن الجسم الرطب يزيد تبخيره في الهواء بقدر ما يزيد الهواء جفافاً. وله جداول تستعلم بها منه درجة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة في قدم مكعبة من الهواء وقوة مرونة البخار

(٣٨٥) حرارة الهواء: اذا تغيرت كثافة الهواء تغيرت درجة حرارته

فقد تقدم (عد ٣٣٨) ان الهواء اذا ضُغط وتكاثف ارتفعت درجة حرارته جداً حتى تحرق الصوفانة. ويظهر من مفرّغة الهواء عكس ذلك اي ان الهواء اذا تمدد فتلطف في القابلة هبطت درجة حرارته وتحولت الرطوبة التي فيه الى ضباب من البرد. ولذلك اذا سخن الهواء على سطح الارض وصعد الى الجو يتلطف فيبرد بسبب لطافته ويتكاثف البخار الذي فيه

من البرد فيتحول الى غيم ومطر ونحوهما . وبسبب لطافة الهواء تنقص حرارته كلما زاد الارتفاع ومعدل نقصانها درجة واحدة لكل ٣٠٠ قدم من الارتفاع . فاذا ارتفعت الاماكن ارتفاعا عظيما عن سطح الارض اشتد البرد عليها واكتنفتها الثلوج ولو كان موقعها على خط الاستواء فان الثلج يدوم السنة كلها على ارتفاع خمسة عشر الف قدم عن سطح البحر في الاصقاع الاستوائية . ثم اذا هبت الريح من الاماكن المرتفعة الباردة الى البقاع المنخفضة الدافئة فربما لم تصل الى تلك البقاع الا وقد تكاثفت في نزولها تكاثفا يرفع درجة حرارتها حتى لا تقتل ما تهب عليه من النبات والحيوان المتعودين الدفء والحر

(٣٨٦) الندى والصقيع ٭ من الاجسام ما يشع حرارته ليلا الى الجو فيبرد اكثر من الهواء ويبرد الهواء الملامس له الى درجة يسيل عندها بعض بخاره فينقط تلك الاجسام بالندى . ولما كان حدوث الندى متوقفا على اشعاع الاجسام لحرارتها فكل جسم اصلح من غيره للاشعاع واردأ للايصال يتكون عليه الندى اكثر مما يتكون على غيره . ولذلك تندى الاعشاب واوراق الاشجار اكثر مما يندى التراب .

وانسب الاوقات لحدوث الندى الليالي الصافية الجو اللطيفة النسيم الرطبة الهواء . لان الليالي الصافية الجو لا تعيق اشعاع الحرارة بخلاف الليالي الكثيرة الغيم . والنسيم اللطيف يبقي الهواء على الاجسام حتى يبرد وتنفصل رطوبته عنه ثم يجري به عنها ليستولي غيره اليها بخلاف الريح الشديدة فانها تخلط الهواء بعضه ببعض بحيث تتساوى الحرارة في كل اجزائه فلا يستقر طويلا على الاجسام ليبرد ولذلك لا ينفصل منه الا القليل من الرطوبة . والهواء الرطب تسيل رطوبته

اذا هبطت درجة حرارته ولو قليلا وذلك كثير الحدوث بخلاف الهواء القليل الرطوبة فانه يلزم ان تهبط درجة حرارته هبوطا عظيما حتى تبلغ درجة الندى وذلك غير كثير الحدوث

ويكون الندى[١] فى كل اقسام اليابسة وقد يكثر فى الاماكن التى تقل ما ينزل فيها المطر فيغنيها عنه كما يحدث فى بلاد العرب وشيلى وغيرهما. واذا كثر الاشعاع فى مكان حتى انخفضت درجة حرارته عن ٣٢° ف تجمد الرطوبة عليه رأسا بدون ان تسيل. وتعرف حينئذ بالصقيع

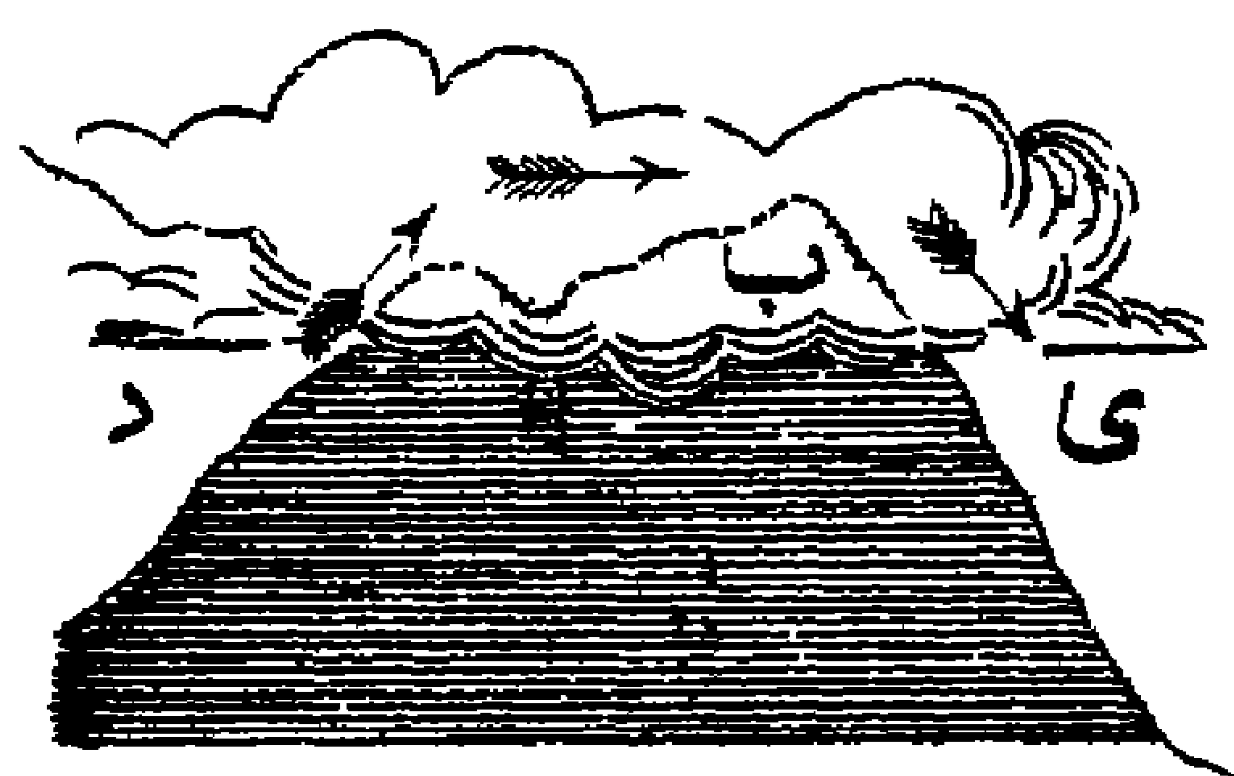
(٣٨٧) الضباب: اذا برد الهواء حتى صارت درجة حرارته تحت درجة الندى اى حتى صارت الرطوبة فيه اكثر مما يلزم لاشباعه على تلك الحرارة تكاثفت رطوبته فيه وصارت ضبابا

واكثر ما يكون ذلك فى الاماكن السافلة القريبة من الانهار والبحيرات والبرك وما شابهها لان تلك الاماكن تشع الحرارة اكثر مما تشعها المياه التى بجانبها فتبرد اكثر منها. ثم اذا جرى هواء المياه الى تلك الاماكن يبرد عليها فتتحول رطوبته الكثيرة الى ضباب. واذا جرى هواؤها الى المياه يبرد هواء المياه وتتحول رطوبته الكثيرة الى ضباب

[١] كان القدماء يزعمون ان للندى خواص كثيرة عجيبة منها ان الاستحمام به يزيد الجمال جدا فكانوا يلتقطونه على جزز من الصوف يفرشونها ليلا للاغتسال به والكيماويين فى تجاريبهم الخرافية. قال لورنس وهو من فلاسفة الاجيال الوسطى ان الندى اذا ملأنا منه بيضة من بيض القبرة طارت الى الجو عند شروق الشمس. وكذلك بيضة الاوز اذا املئت منه —

(٣٨٨) السحاب — لا فرق بين السحاب و الضباب الا فی الارتفاع فالضباب يحدث قرب سطح الارض واما السحاب فيحدث مرتفعاً عن الارض. ويتكون من نفوذ هواء حار رطب لهواء بارد او من نفوذ هواء بارد لهواء حار رطب

ولذلك ترى رؤوس الجبال معممة بالسحاب لان الجبال تعارض الريح التی تهب عليها فتصعد الريح بجوانبها حتی تصل الی قممها فتبرد و يبرد بخارها و ينعقد غيماً علی رأس الجبل (الشكل ٢٢٧) والغيم اثقل من الهواء ولذلك يهبط فيه حتی يصل الی طبقة حارة فتذيبه وتعيده بخاراً من اسفله. فكل غيمة اما ان تكون فی حال الانعقاد من صعود الهواء الرطب عن سطح الارض الی الاعالی واما ان تكون فی حال الانحلال من سكون الهواء ونزولها من الاعالی الباردة الی الاسافل الحارة —



الشكل ٢٢٧

والغيوم علی اشكال شتی ولكنها تنحصر فی سبعة اربعة منها تتكون فی مجاری الريح السفلية وهی غيم المطر ويسمی (نمبس) والغيم المصفح ويسمی (الستراتس) وهو اسفل الغيوم وقد يصل الی الارض وينبسط فی السماء انبساط الصفائح وهو غيم الليل. والركام ويسمی (الكمولس) ويظهر فی نواحی السماء معترضاً كالجبال وهو غيم النهار والغيوم الراعدة

وتسمى (كمولس ستراتس) وتتكون من اختلاط الركام والمصفح ويكثر منها البرق والرعد * وثلاثة منها تتكون فى مجارى الرياح العلوية وهى الطخر ويسمى (السرّس) وهو غيم كالريش فى الغالب مكوّن من ابر من الجليد على ما يُظن .
(والسرّستراتس) ويتكون من انبساط السرس فى صفائح ويسبق النوء غالباً والنمرة ويسمى (السرّكمولس) وهو غيوم صغيرة منقطعة متقارب بعضها من بعض تعرف عند العامة بغسيل بنت السلطان وتحدث اذا كان الطقس جافاً حاراً

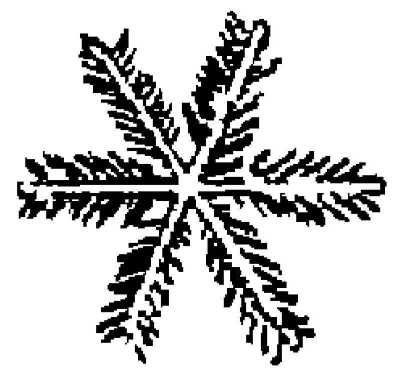
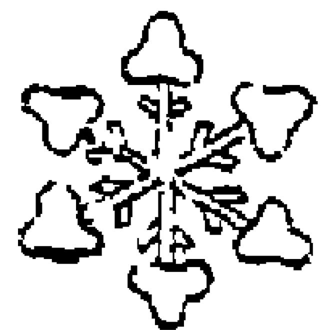
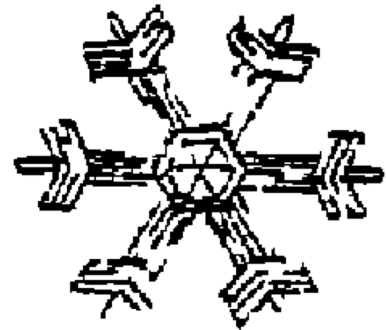
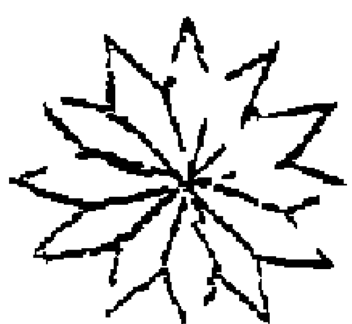
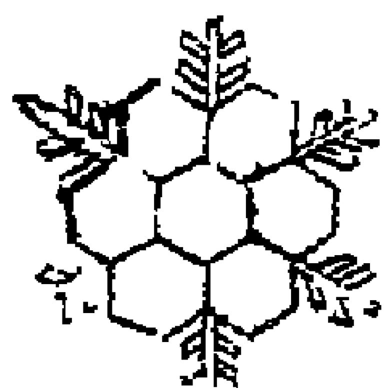
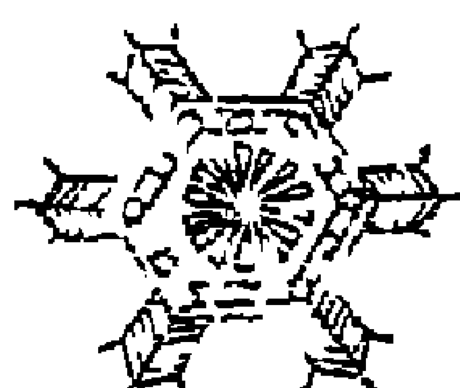
(٣٨٩) المطر * يحدث المطر من كل ما يبرّد الرطوبة التى فى الهواء فاذا بردت هذه الرطوبة رويداً رويداً اجتمعت دقائقها فى كرات صغيرة وتكون منها السحاب او الضباب كما تقدم واما اذا بردت الرطوبة بغتة فتجتمع دقائقها فى كرات اكبر من تلك وتقع مطراً

وتبرد الرطوبة كما ذكر بكل ما يكره الهواء على الصعود عن سطح الارض الى علو ميل او ميلين فى الجو كما يحدث اذا اصدم جبل ريحاً تهبّ عليه واكرهها على الصعود بجانبه الى علو عظيم . وكما يحدث ايضاً اذا هبت ريح جافة باردة ثقيلة على ريح حارة رطبة فتدخل تحتها وترفعها فوقها الى علو عظيم كما يدخل السفين تحت الحجر فيرفعه . وكما يحدث ايضاً اذا التقت ريحان متضادتان فانهما تجتمعان وترتفعان كما تجتمع موجتان متضادتان وتعلوان اذا تلاقتا

(٣٩٠) الثلج * يتكون الثلج من جمود رطوبة الهواء راساً على درجة سافلة جداً من الحرارة بدون ان تتحول الى السيولة ويكون ذلك غالباً فى اعالى الجو

والثلج اذا امر فى هواء حرارته ٣٢° ف او اعلى منها ذاب ووقع مطراً

على الارض والا وقع عليها ثلجاً. وقد يقع الثلج من هواء البيوت في البلاد الشديدة البرد فاذا اجتمع خلق كثير في قاعة صغيرة هناك وفتحت نافذة من نوافذ القاعة والبرد شديد جمد البخار في هوائها ووقع ثلجاً. والثلج مركب من بلورات من الجليد ابرية الشكل يتصل بعضها ببعض على اشكال تدهش الناظر وتبهر النواظر وقد رسم بعضها في الشكل ٢٢٨

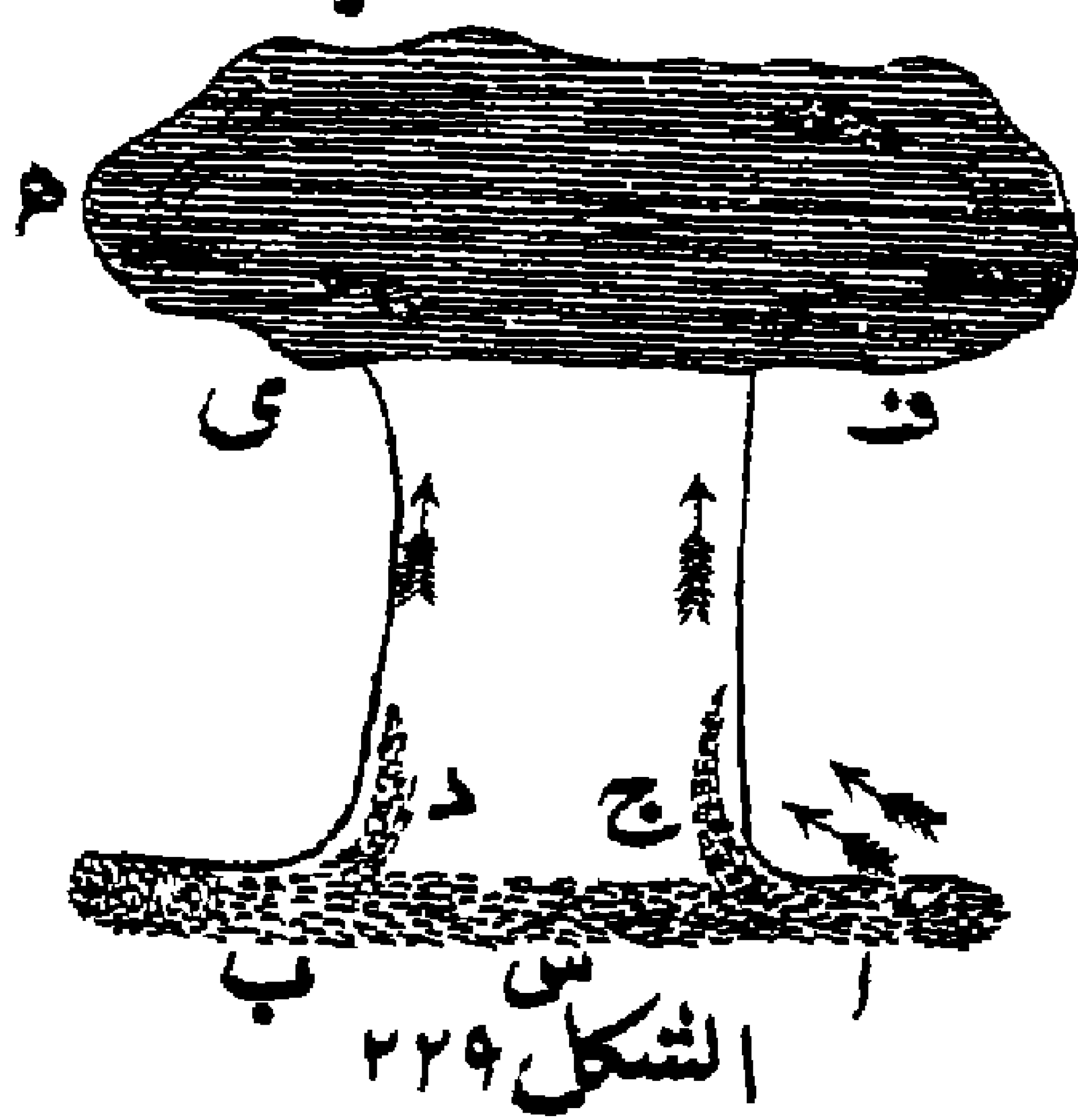
الشكل ٢٢٨

(٣٩١) البَرَد * البرد قطع من الجليد متفاوتة الحجم فمنها ما هو اصغر من الحمص ومنها ما هو بقدر البرتقال ومنها ما هو بين هذين الحجمين. ولا يعرف كيف يتكوّن والظاهر انه يحدث من هبوب ريح شديدة البرد وتخالطها ريح اخرى احرّ منها جداً ومشبعة رطوبة تقريباً. ولكن تعليل هذه الريح الباردة عسرٌ وغير معروف

(٣٩٢) الريح * الريح الهواء المتحرك من ناحية الى اخرى وهذا التحرك يكون اذا اختلف ضغط الهواء في ناحية عما هو في ناحية اخرى حتى بطلت الموازنة بينهما فيجري الهواء من المكان العظيم الضغط الى المكان القليل الضغط. اما اختلاف ضغط الهواء في مكان عما هو في مكان آخر فلا يكون الا من امرين على ما نعلم: احدهما ان ترتفع حرارة الهواء في المكان الواحد عما هي في الآخر وثانيهما ان تزيد الرطوبة في هواء الواحد عما هي في هواء الآخر. ولذلك تكون العلل المحدثة للريح اثنتين تفاوت حرارة الهواء وتفاوت رطوبته اي تفاوت مقدار البخار المائي

فيه

اما تفاوت حرارة الهواء فيتضح مما يأتى: لتكن س (الشكل ٢٢٩) بقعة من الرمل على جانبيها ارض معشبة ا و ب. فعند وقوع شعاع الشمس على هذه الارض تسخن س اكثر مما سواها فيسخن الهواء الذى عليها ويتمدد ويصعد كما ترى عند ج و د ثم فيجرى الهواء من عن ا و ب الى مكانه حتى يسخن ايضاً فيصعد كما صعد الاول ويأتى مكانه هواء آخر كما اتى هو. ثم ان الهواء الصاعد عن س يتمدد الى



الشكل ٢٢٩

كل ناحية ويجرى فى جهة ك و ه ايضاً حتى يبرد وينزل الى سطح الارض فيعود يدور كما قدمنا. والخلاصة انه بتفاوت الحرارة على س و ا ب تصعد الريح من عن س الى اعالى الجو ثم تنحدر الى سطح الارض وتعود الى س المكان الذى صعدت منه اولاً. ولذلك يكون هبوب الريح من ا و ب الى س فى مجار سفلية او سطحية والى ا و ب فى مجار علوية

واما تفاوت رطوبة الهواء فيتضح من ان ثقل البخار النوعى يساوى ثلاثة انصاف ثقل الهواء الجاف النوعى على درجة واحدة من الحرارة وتحت ضغط واحد ولذلك يكون الهواء المشحون بخاراً اثقل من الهواء الجاف فيجرى الثقيل الى الخفيف وتحصل الريح من جريه

(٣٩٣) تغير جهة الريح بدورة الارض اليومية * خط الاستواء احر من القطبين ولذلك يسخن الهواء عليه اكثر مما يسخن عليهما فيتلطف ويصعد الى اعالى الجو ويجرى من هناك

الى القطب الشمالى والقطب الجنوبى ولذلك تكون رياحه رياحا علوية. ثم يجرى الهواء من جهتى الشمال والجنوب على سطح الارض الى خط الاستواء لرد الموازنة ولذلك تكون رياحه رياحا سفلية. هذا ولو كانت الارض ساكنة لكانت الرياح العلوية تجرى من خط الاستواء نحو القطبين وبالعكس على الهواجر شمالا وجنوبا ولا تنحرف عنها شرقا ولا غربا ولكن الارض تتحرك دائرة على محورها من الغرب الى الشرق والاماكن التى على خط استوائها تسرع اكثر من بقية الاماكن فى دورانها معها. فلذلك تنحرف الرياح العلوية شرقا فى سيرها نحو القطبين وتنحرف الرياح السفلية غربا فى سيرها نحو خط الاستواء. لان هواء خط الاستواء يدور مع الارض شرقا ويسرع فى دورانه اكثر من هواء سائر الاعراض الشمالية والجنوبية التى على جانبى خط الاستواء. فاذا صعد عن خط الاستواء وجرى شمالا وجنوبا فى رياح علوية كما تقدم بقيت له سرعة حركته منه شرقا فينحرف شرقا شيئا فشيئا عن الهاجرة التى جرى منها حتى يحسبه الذين الى شمالى خط الاستواء اتيا من الجنوب الغربى ويحسبه الذين الى جنوبى خط الاستواء اتيا من الشمال الغربى واذا جرى الهواء من الشمال والجنوب الى خط الاستواء فلكون دورانه مع الارض شرقا ابطأ من دوران الاماكن التى هو مارٌّ فيها ينحرف غربا شيئا فشيئا عن الهاجرة التى جرى منها فيحسبه اهالى تلك الاماكن اتيا من الشمال الشرقى فى شمالى خط الاستواء ومن الجنوب الشرقى فى جنوبيه.

(۳۹۴) الرياح المنتظمة والمتقلبة: ان رياح الارض لا تجرى

كما ذكر (عدد ٣٩٣) جريا مطردا الا في الاماكن الواقعة على جانبي خط الاستواء ولاسيما البحور الى عرض ٣٢° شمالا وجنوبا منه و هذه الرياح تسمى الرياح التجارية لموافقتها للسفن التجارية في سيرها . واما رياح بقية الاماكن فمتقلبة .

فالرياح التجارية تحصل من صعود الهواء عن خط الاستواء وجريه شمالا وجنوبا ومن جري الهواء من الشمال والجنوب ليسد مسده . وحينئذ يحصل الانحراف في جهة جريه بسبب دوران الارض فبحسب الآتي من الشمال الريح التجارية الشمالية الشرقية والآتي من الجنوب الريح التجارية الجنوبية الشرقية . واما الهواء الصاعد عن خط الاستواء فيضيق عليه المكان كلما ابعد عن خط الاستواء شمالا وجنوبا وينحصر في دوائر من العرض تصغر شيئا فشيئا عن دائرة خط الاستواء حتى اذا صار يقرب دائرة ٣٢° من العرض يتراكم بعضه فوق بعض ويهبط بثقله الى الارض ويجري في مجار سطحية عائدا الى خط الاستواء ليسد مسد غيره من الهواء الصاعد من هناك

والرياح المتقلبة لا انتظام لها بل تهب تارة من هذه الجهة وطورا من تلك لاسباب شتى كلية وجزئية لم تضبط الى الآن . وتشاهد في الاعراض الوسطى وعلى الخصوص في المنطقة المتجمدة الشمالية حيث تهب الرياح احيانا من جهات شتى في وقت واحد

(٣٩٥) الرياح الموسمية : هذه الرياح تهب في بعض المواسم من جهة واحدة وساعات واحدة من اليوم كالرياح المعروفة بالمواسم وكالسموم المعروفة بالشرقية وكنسيم البر والبحر . فالمواسم رياح تهب نصف السنة من البحر الاحمر وبحر العرب وخليج بنكالا وبحر الصين الى اليابسة المجاورة لتلك البحور ثم تنعكس جهتها في نصف السنة الاخر فتهب من اليابسة الى

تلك البحور. اما هبوبها من البحور الى اليابسة فيكون صيفا وذلك لان اليابسة تسخن ويتلطف هواؤها اكثر من هواء البحور فيجري هواء البحور اليها. واما هبوبها من اليابسة الى البحور فيكون شتاء وذلك لان اليابسة تبرد بالاشعاع اكثر من البحور فيثقل هواؤها عن هواء البحور ويجري الى البحور لحفظ الموازنة

والسموم ريح حارة تهب من صحراء افريقية الى سورية ومصر والجزائر وايطاليا وتبقى في مصر وبعض جهات سورية من اواخر نيسان الى حزيران حيث تسمى الخمسين لانها تبقى نحو خمسين يوما. واذا اصابت السموم قافلة اثارت الرمال عليها كالغيوم الكثيفة فيخر الركب الى الارض ويلفون وجوههم بالاردية الكثيفة وتدير النوق قفاها للريح حتى لا تسفي الرمال على وجوهها فتخنقها

ونسيم البر والبحر ريحان تهب احداهما من البر الى البحر ليلا وتعقبها الاخرى من البحر الى البر نهارا في الاماكن التي على سواحل البحر. اما نسيم البر فيهب ليلا الى البحر لان الارض تبرد بالاشعاع ليلا اكثر مما يبرد البحر فيجري هواؤها البارد الى هواء البحر السخن لحفظ الموازنة. واما نسيم البحر فيهب الى البر نهارا لان البر يسخن بحرارة الشمس اكثر من البحر فيجري هواء البحر البارد الثقيل الى هواء البر الحار اللطيف لحفظ الموازنة

(٣٩٦) الزوبعة: الزوبعة رياح تعصف عصفا شديدا حتى ربما بلغت سرعتها مئة ميل في الساعة وتدور بعضها داخل بعض دورانا لولبيا حول محور قائم او مائل على سطح الارض وتعم بقعة من الارض قطرها من مئة ميل الى خمس مئة ميل او اكثر وتسير بجملتها من مكان الى آخر بسرعة اميال

او ١٢٠ و ٣٠ ميلا فى الساعة. وتحدث قرب جزائر الهند الغربية وفى البحر الصينى والاوقيانوس الهندى. وتدور رياحها فى شمالى خط الاستواء من اليمين الى اليسار اى فى خلاف الجهة التى تدور فيها عقارب الساعة. وتدور بعكس ذلك فى جنوبى خط الاستواء

(٣٩٧) الهوجاء والاعصار. الهوجاء ريح دوّارة يلتف بعضها فى بعض التفافا لولبيا كالزوبعة ومعظم الفرق بينهما فى الاتساع وطول المدة. فان الهوجاء قلما يزيد عرضها عن بضع مئات من القصبات وطولها عن ٢٥ ميلا وقلما تبقى فى مكان واحد اكثر من بضع ثوان بخلاف الزوبعة. والهوجاء عنيفة الهبوب جدا على الغالب فاذا مرت ببيت خرّبته او بشجر اقتلعته او بصخر زعزعته او حملته. واذا احدثت على الرمال اثارتها كالعمد الى الجو. واذا احدثت على الماء اثارته ثوراناً عنيفاً واجتذبت زبده الى وسطها فيظهر كالعمود قائماً على وجه الماء الثائر. وتسمى هذه الهوجاء اعصاراً

(٣٩٨) النوء. يراد بالنوء اصطلاحاً اضطراب الهواء اضطراباً عظيماً حتى يثور رياحاً شديدة على بقعة متسعة من الارض فتدور بالاجمال فى دوائر لولبية بعضها داخل بعض كما تدور فى الزوبعة والهوجاء الا انها اقل منهما عنفاً واعظم اتساعاً فقد يكون طول البقعة التى يسقط النوء عليها الف ميل من الشرق الى الغرب والفى ميل او ثلاثة آلاف ميل من الشمال الى الجنوب وهذه البقعة قريبة الشكل من الاستدارة والغالب ان النوء ينشأ فى نصف الكرة الشمالى من ناحية من

نواحي الغرب ويسير نحو ناحية من نواحي الشرق حتى يزول . وكثيرا ما يحدث فيه مطر وبرد وثلج وبرق ورعد . والمظنون ان الزوبعة والهوجاء والاعصار والنوء تحدث من تاثير حرارة الشمس في الهواء وقد عللوها تعاليل متعددة لم يجمعوا على واحد منها الى الآن

(٣٩٩) السيَّارة التيَّار مجرى من الماء يجري في البحر من ناحية الى ناحية بسبب تفاوت الحرارة على الماء فان سطح البحر يسخن في المنطقة الحارة اكثر مما يسخن في احدى المعتدلتين او المتجمدتين ولذلك يخف فيجري نحو القطبين . والتيارات كثيرة من اشهرها تيار الخليج وهو يخرج من خليج مكسيكو فيحمل مياه بحر كوبى الحارة ويقطع بها الاوقيانوس الاتلانتيكي الشمالي حتى يصيب سواحل سكتلاندا ونروج فيلطف بحرارته برد بلاد الانكليز ويعدّل هواءها ولولاه لاستولى عليها زمهرير لابرادور فجمّدها وجعلها قفرا صفرا من السكان. ولو نفذ هذا التيار برزخ بناما وجرى منه الى الاوقيانوس الباسيفيكي الجنوبي لكست الثلوج بلاد الانكليز وجمدتها الرياح القوارس

خاتمة الباب

في بعض اشكال الماء ومنافعه

(٤٠٠) اولاً. ان حرارة الماء النوعية (عد ٣٤١) عظيمة

ولذلك يؤثر الماء فى هواء البلدان تاثيرا شديدا فانه اذا جرت الرياح الحارة شمالا والتقت بالهواء البارد على المنطقة المعتدلة تكاثفت رطوبتها ونزلت منها على تلك المنطقة فتظهر حرارتها المختفية (عد ١٤٣) فى جيوبها محمولة من المنطقة الحارة وتلطف البرد فى تلك المنطقة. فكان تيارات البحر ورياح الجو انابيب آلة بخارية وخط الاستواء خلقينها فهو بحر البخار والرياح والتيارات تحمله فتسخن به الاصقاع الباردة لينضر نباتها وينمو حيوانها. هذا فضلا عن ان الماء يعدل هواء البلاد فيقيها من تعاقب البرد والحر عليها تعاقبا فجائيا لانه يمتص حرارة كثيرة فى الصيف فيلطف حره ويظهرها فى الخريف فيلطف برد الشتاء. وفى الربيع يذوب الثلج والجليد فيمتص ما فيها حر الشمس فلا تخرج الاشجار براعمها باكرا ولا تتعرض لتقلبات البرد والحر. ولما كان الثلج والجليد لا يذوبان الا بحرارة شديدة كان ذوبانهما بطيئا فى الربيع ولولا ذلك لكانت مياههما تطغو على الارض فتجرف تربتها وتهلك المخلوقات الحية التى عليها

ثانيا. ان الماء يحتوى هواء يعيش به السمك. ولو خلا الماء من الهواء لكان يفرقع كلما تجاوزت حرارته ٢١٢° ف كثيرا. وكان الناس لا يتجرأون ان يغلوه فى وعاء الا وهم يراقبون درجة حرارته بالترمومتر كما يراقبون الآن الآلات البخارية مخافة ان ينحصر بخاره فيشق القدر ويتلف من حولها. غير انه اذا زادت حرارته عن ٢١٢° يفارقه الزائد ويتركه على درجة ٢١٢ ف. هذا والماء يتمدد بالحرارة كغيره من السائلات ويتقلص بالبرد الى ٣٩° ف فقط ثم ياخذ فى التمدد بزيادة البرد حتى تبلغ

حرارته ۳۹ ف فيجمد. وعليه تنشق الجرة اذا جمد ماؤها من البرد لانه يتمدد فيضغطها بقوة تمدده ويشقها. فالماء يشذ بذلك عن بقية الاجسام ولكن لهذا الشذوذ منافع جليلة لانه لو كان الماء يجري مجرى بقية الاجسام لكان اذا برد سطحه تنزل دقائقه الباردة الى قعره وتصعد دقائقه السخنة من قعره الى سطحه حتى تبرد كلها الى درجة الجليد فتجمد معاً ويصير الماء كله قطعة واحدة من الجليد فيقتل ما فيه من الحيوانات والنباتات. ثم اذا جاء الصيف وتعاظم حر الشمس يذوب وجه ذلك الجليد فقط فيصير ماء لكن ما تحته يبقى جليداً لان الماء غير موصل للحرارة فيصد الشمس عما تحته ولا يمكنها من تذويبه. ولذلك كان يبقى الجليد في البحار والبحيرات والانهار وفي الاماكن المزمهرة طول الايام. واما الآن فلشذوذ الماء عن بقية الاجسام بتمدده بالبرد يخف المستمد ويجمد ويعوم على الوجه ويقي البقية من الجمود لانه جليد والجليد موصل رديء للحرارة. فتبقى حرارة الماء العميق تحته على درجة واحدة ولو اشتد البرد فلا يموت ما فيه: فسبحان المعتني الحكيم

ثالثاً. اذا جمد الماء خلص من الشوائب. وعليه يتحول ماء البحر الملح الى ماء عذب في المنطقة المتجمدة الشمالية. قال مكلنتك ان الماء كان يصفو بجموده المرة بعد المرة في تلك النواحي حتى صار صالحاً للشرب في جمدته الرابعة. ولذلك اذا جمد البردُ الخلَ في وعاء اجتمع الحامض في الوسط وبقي ماء الخل جامداً

رابعاً. اذا تكون الندى على النبات منعه من الاشعاع

فلا تبرد او وراقه برد اشديدا ولا تصقع. فنتيجة الاشعاع اى الندى تضاد الاشعاع وتدفع اضراره فضلا عن انها تسقى النبات العطشان هذا والماء يرتقى من البحر والانهار فيبرد الهواء ويرطبه صيفا و يعدل برده شتاء. وينعقد غيما فيظلل الارض من شعاع الشمس نهارا وينجيها من شر الاشعاع الزائد ليلا. ويقع مطرا فينقى الهواء ويحيى النبات او ينزل ثلجا فيحتضن الاعشاب و براعم الاشجار من الموت. وينبع عيونا تروى الغليل وتشفى العليل وينقى الابدان ويذوب الطعام ويلين المفاصل ويجرى الى البحر فيهب للتربة حياةً وللارض خصبا وخيرا. فتبارك المدبر القدير

(٣٠١) مسائل للتمرين (١) لماذا تبرد اليد فى البرد اذا دقت الباب بدقاقة من الحديد اكثر مما اذا دقته بدقاقة من الخزف. (٢) لماذا تلتهب حافة الرغيف المحمّص على النار الى جهة وجهه الذى على النار. (٣) ان البعض يضاعفون الزجاج فى الشبابيك فيضعون زجاجا وراء زجاج لمنع البرد فلماذا يمتنع البرد كذلك. (٤) يلبس الفرّان فى بعض البلدان قميصا من فلانلا ليبرد جسده صيفا ويدفأ شتاءً فكيف ذلك (٥) لاى سبب تسخن ايادينا اذا نفخنا فيها ويبرد الطعام اذا نفخنا عليه. (٦) كيف يقى الثلج العشب من الموت. (٧) لماذا يغلى الماء ويتطاير فى بعض الايام اسرع مما يغلى ويتطاير فى غيرها. (٨) ما سبب الفقع الذى تسمعه من النار عند اشتعالها فى كانون (٩) لماذا تعلو نغمة البيانو فى محل بارد عما تكون فى محل دافئ

(١٠) أضيقاً يجب ان يكون فم الدواة ام واسعاً. (١١) اذا مدّ وا
قضبان الحديد على سكة حديدية تركوا فسحة بين كل
قضيبين منها فما القصد من ذلك. (١٢) لماذا يخشى على الانسان
من الزكام اذا ترطبت ثيابه. (١٣) لماذا يفقع البلوط في النار
اذا لم ينزع بعض قشره. (١٤) هل يمكن الطبخ تحت قابلة مفرغة
من الهواء. ولماذا. (١٥) لماذا يشعر الانسان بان الهواء بارد عند
ذوبان الثلج والجليد في الربيع. (١٦) لماذا يوضع الحليب في وعاء
من تنك والثلج في وعاء من خشب في عمل البوزة. (١٧) لماذا
يعتدل البرد عادة والثلج نازل. (١٨) ما سبب الازيز في ابريق
الماء السخن. الجواب ان فوهة البلبل منه تهتز دقائق البخار
الخارجة منه فتصوت حسب اهتزازها. (١٩) لماذا يبرد الهواء
على ارض قد رُشّت بالماء. (٢٠) ما هي اسفل درجة يصلح
الثرمومتر الزئبقي للدلالة عليها من درجات الحرارة. (٢١)
حرارة الهواء اليوم ٩٧ ف فماذا تعدل من ثرمومتر س.
ومن ر. (٢٢) هل يحدث الندى على جسر من حديد
وعلى ممشى من خشب. (٢٣) ان باطن الارض احرّ من
سطحها على كل حال فلماذا يكون ابرد الماء في اعمق الآبار.
(٢٤) ايهما افضل للطبخ القدر الصقيلة من اسفلها ام الخشنة.
(٢٥) ايّ يغلي اولاً الماء ام الحليب. (٢٦) أمن النافع ان
يكون الوجاق صقيلاً لامعاً. (٢٧) هل يدل الثرمومتر
على درجة واحدة من الحرارة اذا غُطّ في ماء جار وفي دلو
ملآنة من ذلك الماء. (٢٨) ايّ خرقة افضل من الاخرى
لمسك الآنية السخنة الصوفية ام الكتانية. (٢٩) عندنا

وجاقان من جسم واحد احدهما بسيط والاخر منقوش فايهما يبعث الحرارة اكثر من الاخر. ولماذا. (٣٠) هل يقع الندى وقوعاكالمطر. (٣١) لماذا يرشح الابريق. (٣٢) لماذا يستعجل التبخير فى الفراغ. (٣٣) اذا تخلخل التراب حول النبات فهل ياتيه ذلك بالندى. ٣٤ لماذا يذوب الثلج تحت الشجر قبلما يذوب فى العراء. (٣٥) لماذا تضيق فتحة المدخنة شيأ فشيأ من قبلها الى اعلاها. (٣٦) هل تبقى القهوة سخنة فى ابريق لامع اطول مما تبقى فى ابريق قاتم اللون. (٣٧) لماذا يفقع الحطب اول وضعه فى النار. الجواب لان الهواء يتمدد فى حويصلاته فيشقها (٣٨) لماذا يرى نفس الانسان فى الايام الباردة. (٣٩) لماذا تكون الثياب الفاتحة اللون ابرد صيفا وادفأ شتاءً من الثياب الغامقة اللون. (٤٠) كم تكون الحرارة على بعد قدمين عن النار بالنسبة الى ما تكون على بعد اربع اقدام عنها. (٤١) ما هو السبب فى بقاء الصقيع صباحًا على بعض النباتات مدة اطول من مدة بقائه على غيرها. (٤٢) هل وقد الحطب الاخضر من باب التدبير. (٤٣) لماذا لا يفقع الحطب الاخضر على النار كاليابس. (٤٤) لماذا يزداد الغليان اذا وضعت قطعة من المعدن فى ماء يغلى فى وعاء من الزجاج او الخزف. (٤٥) ايهما يحترق قبل الاخر بعدسية محدبة الورق الابيض ام الاسود. ولماذا. (٤٦) لماذا يشعر الانسان ببرودة الهواء فى يوم شديد الريح اكثر مما يشعر بها فى يوم هادئ ولو كانت درجة الحرارة واحدة فى اليومين. (٤٧) ماذا كان سر التجربة فى جزة جدعون قاضى بنى اسرائيل. (٤٨) هل يمكن اصطناع عدسية

من الجلید تحرق کعدسیة من البلور. (۴۹) یقال ان جبال الجلید التی تقذفها امواج البحر من البر تکون فی الغالب مکتنفة بالضباب فما تعلیل ذلک. (۵۰) وضعنا فی الفضاء وعائین من الحدید احدهما لامع والاخر یعلوه الصدأ فعلی ایهما یتجمع الندی اکثر. (۵۱) لماذا تکون اللیالی الصافیة السماء ابرد من اللیالی المغیمة. (۵۲) لماذا لا یتکون الندی فی اللیالی المغیمة. (۵۳) لماذا تکون رؤوس الجبال ابرد من سفوحها حال کونها اقرب الی الشمس من تلک السفوح



الباب العاشر

فی الکهربائیة

(۲۰۲) المقدمة لم یذکر الناس شیئاً عن الکهربائیة حتی قام طالیس احد حکماء الیونان السبعة سنة (٦٠٠) قبل المسیح فاثبت انه اذا حکت الکهرباء بشقة من الحریر اجتذبت الیها الاجسام الخفیفة کالریش والعصافة ونحوهما وکان الیونان یستغربون ذلک کل الاستغراب حتی زعموا ان للکهرباء روحاً ولم یعرفوا هم ولا غیرهم الا جذب الکهرباء هذا حتی قام الدکتور کلبرت الانکلیزی فی اواخر القرن السادس عشر فاثبت ان اجساماً اخر غیر الکهرباء کالکبریت والشمع والزجاج تفعل فعل الکهرباء فتجذب الاجسام اذا فرکت. ثم عکف علماء اوربا وامیرکا علی البحث عن هذه القوة وسموها الکهربائیة لان الانتباه الی وجودها کان من الکهرباء اولاً. فاکتشفوا فیها اکتشافات جمة ولم تزل بحراً لا قرار لجدده وفوائده

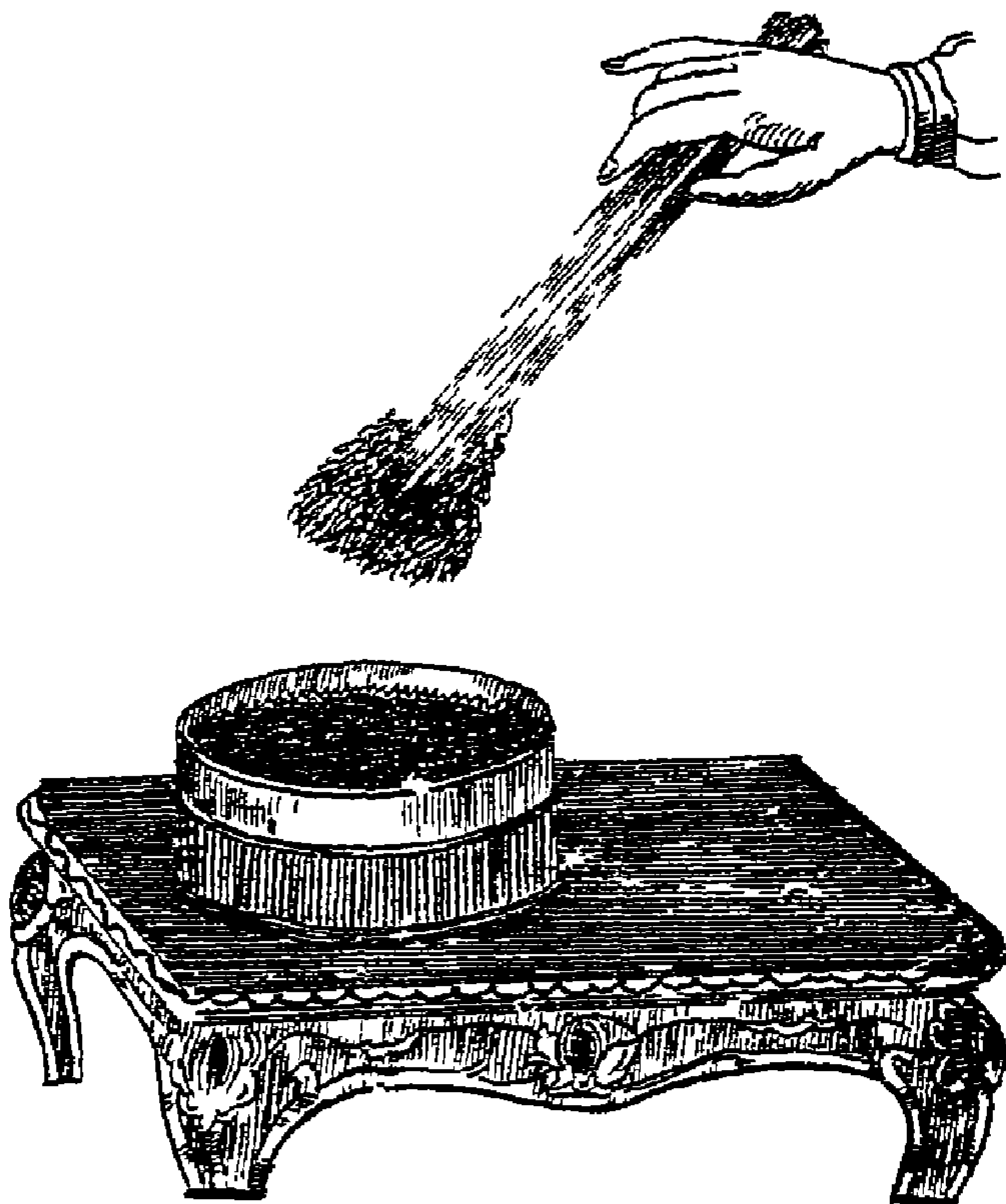
والكهربائية تظهر فى الاجسام على خمسة اشكال تعرف بالمغنطيسية وكهربائية الاحتكاك والكهربائية الكلفانية وكهربائية الحرارة والكهربائية الحيوانية. وهذه الاشكال متقاربة فى نواميسها متشاركة فى كثير من نتائجها متبادلة بمعنى ان كلاً منها يمكن تحويله الى الآخر لشدة التعلق الذى بينها. وعليها مدار كلامنا بالاختصار فى هذا الباب

الفصل الاول

فى المغنطيسية

(۴۰۳) المغنطيس الطبيعى والمغنطيس الصناعى المغنطيسية فن يبحث فيه عن المغنطيس. والمغنطيس جسم له قوة على جذب الحديد والفولاذ ومعادن أُخر اخصها النكل والكوبلت. وانما سمى مغنطيساً لانه اكتشف اولاً فى نواحى مدينة مغنيسيا من اعمال اسيا الصغرى. وهو اما طبيعى او صناعى واشهر اشكاله القضيب المستقيم ويسمى المغنطيس المستقيم. والملتوى على هذا الشكل ∩ ويسمى المغنطيس النضوى لانه يشبه نضوة الفرس

اما المغنطيس الطبيعي ويقال له حجر المغنطيس ايضاً فهو اكسيد من اكاسيد الحديد اعني انه معدن مركب كالصدأ من الحديد والاكسجين ولكنه يختلف عن الصدأ بكون الاكسجين فيه اقلّ مما في الصدأ . وتزيد القوة المغنطيسية في بعض حجارة عما هي في غيرها بقطع النظر عن ثقل تلك الحجار . فان الحجر الذي كان يحمله الفيلسوف اسحق نيوتن لم يزد ثقله عن ثلث قمحات وكان يرفع بقوة جذبه ٧٤٦ قمحة من الثقل وذلك نحو ٢٥٠ ثقلاً من ثقله . والحجر الذي جلبه الانكليز من موسكو الى لندن كان ثقله ١٢٥ ليبرا ولم يكن يحمل الا نحو من ٢٠٠ ليبرا ½ واما المغنطيس الصناعي فهو فولاذ يدلك بمغنطيس طبيعي فيكتسب المغنطيسية منه كما سيجيء (عدد ٢٠٨) وهو اصلح من الطبيعي للاستعمال والتجربة وعليه المعوَّل

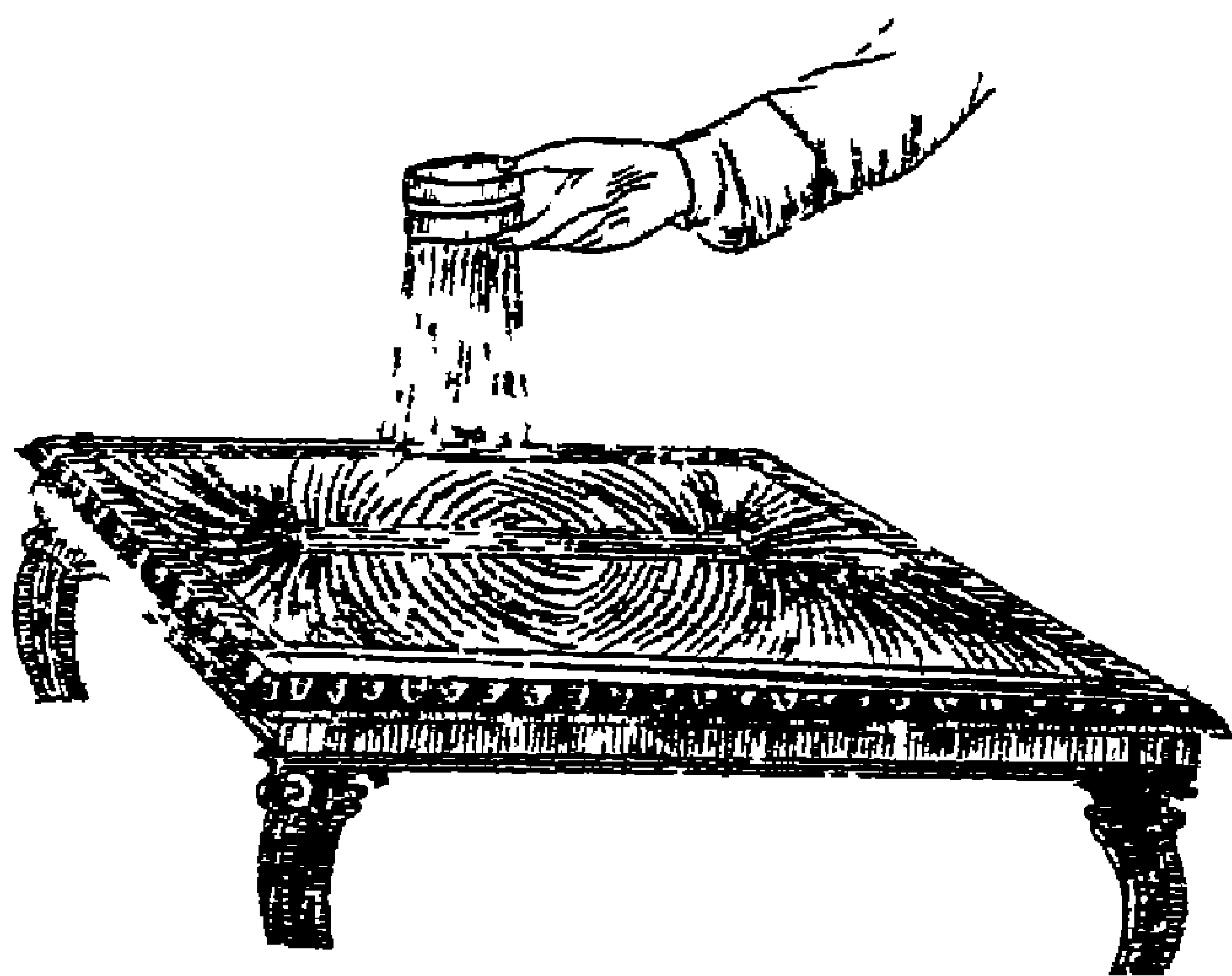


الشكل ٢٣٠

(٢٠٢) توزيع القوة المغنطيسية في المغنطيس ½ ان القوة

المغنطيسية التي يجذب المغنطيس الحديد بها ليست متساوية في كل جزء من اجزائه بل تزيد على طرفيه ومن ثم تتناقص حتى تتلاشى في وسطه. ولذلك يسمى طرفاه القطبين ويسمى الخط المتوسط فيه خط الاستواء

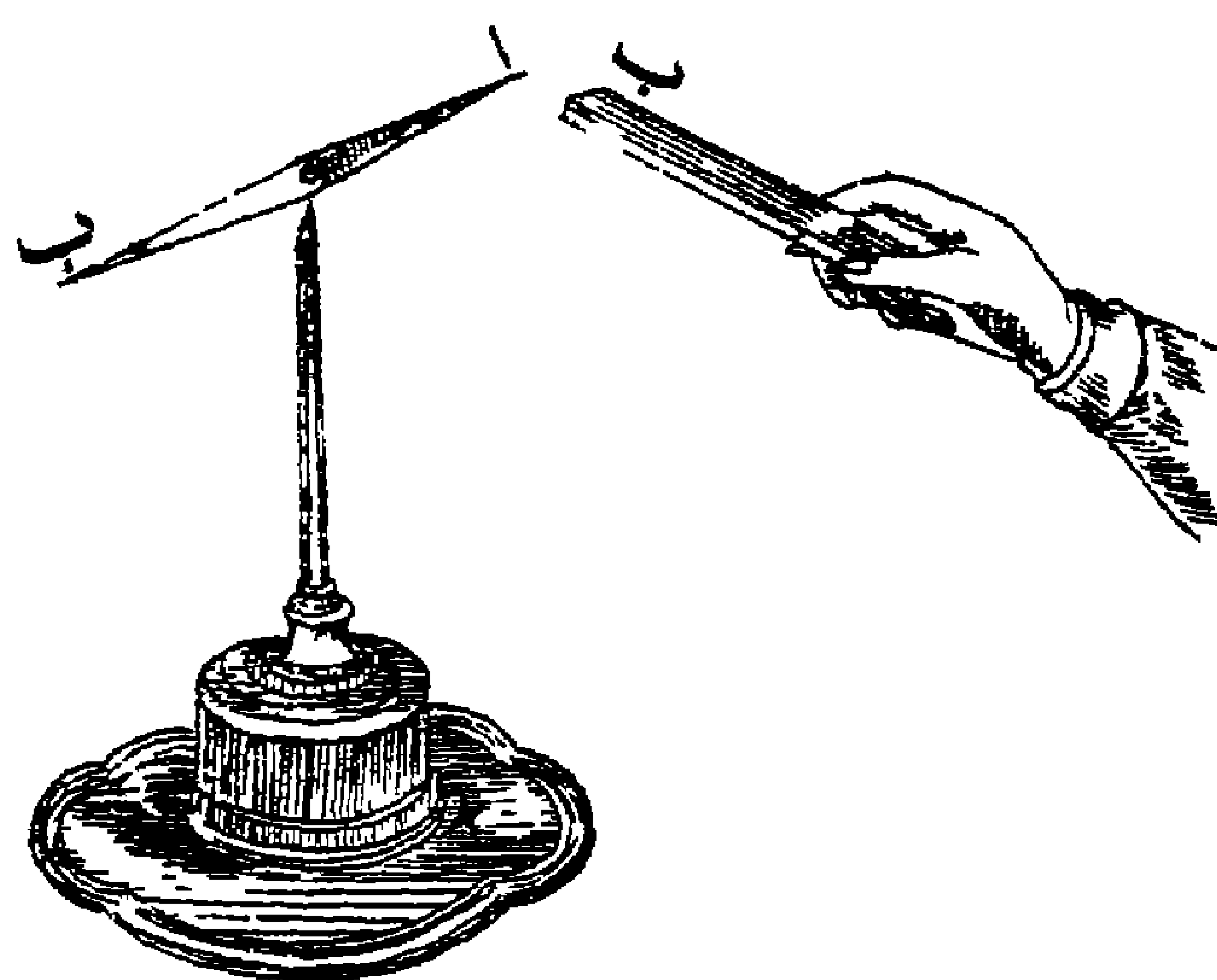
اذا دُسّ مغنطيس مستقيم في برادة الحديد (الشكل ٢٣٠) تجمعت على طرفيه تجمعاً ولكن لم يعلق شيء منها بوسطه. والمغنطيس يجذبها ولو فُصل عنها بفاصل غير مغنطيسي فاذا وضع المغنطيس على مائدة (الشكل ٢٣١) ووضعت عليه قطعة من القرطاس ثم نخلت عليها برادة الحديد من منخل دقيق جذبها قطبا المغنطيس ورتباها في خطوط منحنية تتفرع منهما. واما البرادة التي تقع على وسط المغنطيس فلا تترتب كذلك بل تبقى كما لو وقعت على جسم غير مغنطيسي



الشكل ٢٣١

(٢٠٥) الجذب والدفع المغنطيسيان: ان الاقطاب المغنطيسية المتشابهة تتدافع والاقطاب المتخالفة تتجاذب وقوة جذبها ودفعها تنقص بقدر ما يزيد مربع بعدها بعضها عن بعض. ويتضح ذلك مما يأتي

علق قضيباً دقيقاً من المغنطيس المستقيم في وسطه حتى تسهل عليه الحركة الى كل الجهات واتركه لذاته فيتجه قطب من قطبيه الى الشمال والقطب الآخر الى الجنوب. ويسمى هذا القضيب اذ ذاك ابرة مغنطيسية و يسمى قطبه الشمالي ايضاً القطب الايجابي وهذه علامته (+) وقطبه الجنوبي القطب السلبي وهذه علامته (-) ثم لتكن ا ب (الشكل ٢٣٢) ابرة مغنطيسية قطباها ا و ب وليقرب من احد قطبيها الشمالي القطب الجنوبي ب من مغنطيس آخر فيتجاذبان لانهما متخالفان. وليقرب بعد ذلك القطب الشمالي من المغنطيس الى القطب الشمالي منها فيتدافعان لانهما متشابهان ‡ ويبرهن ان قوة المغنطيس في الجذب والدفع تقل بزيادة مربع البعد عن ميزان الفتل كما سيبرهن في الكهربائية

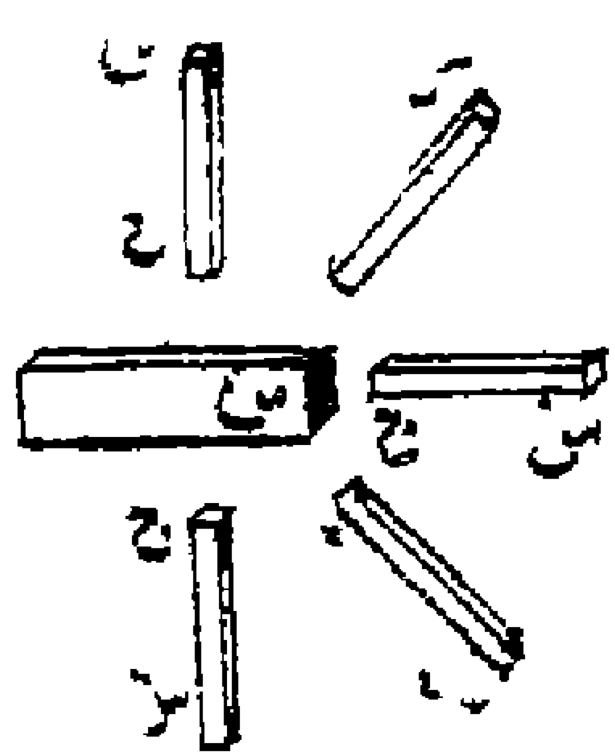


الشكل ٢٣٢

(٦٠٤) الحل المغنطيسي ‡ تقدم ان المغنطيس يجذب الحديد وان مغنطيسين تتجاذب قطباهما المتخالفان ويتدافع قطباهما المتشابهان. فلايضاح الكيفية التي يتم بها ذلك يفرض ان في الحديد نوعين مختلفين من الكهربائية متحدين معاً حول كل دقيقة من دقائقه بحيث يفني احدهما قوة الآخر. فاذا مس

هذ الحديد مغنطيساً بحل هذان النوعان الكهربائيان او هاتان القوتان مغنطيسيتان فيه ويتغلب الشمالي منهما على القطب الشمالي والجنوبي على القطب الجنوبي فيتمغنط الحديد اي يصير مغنطيساً ويقال انه تمغنط بالحل المغنطيسي اذ يفرض ان نوعي مغنطيسيته قد انحلاّ

فالفرق بين المغنطيس والحديد قبل تمغنطه هو ان المغنطيس تفرض فيه القوتان المغنطيسيتان منحلتين الواحدة من الاخرى ويفرض ان لكل منهما فعلاً مستقلاً عن فعل الاخرى والحديد تفرض فيه المغنطيسيتان متحدتين الواحدة بالاخرى وليس لهما فعل. وعليه اذا مست حلقة من الحديد القطب الشمالي من مغنطيس مثلاً تنحل مغنطيستها الى شمالية وجنوبية فيجتذب المغنطيس الجنوبية منهما ويدفع الشمالية فتلتصق الحلقة به وتصير مغنطيساً مثله. ولذلك اذا مست هذه حلقة مثلها من الحديد تحل مغنطيستها وتجتذب الجنوبية وتدفع الشمالية فتصيّرها مغنطيساً من نوعها. وهذه تصير حلقة اخرى مغنطيساً من نوعها بالحل ايضا وهكذا حتى تتصل حلقات متعددة من الحديد بالمغنطيس الاصلي بواسطة حله وجذبه لها ولا يلزم ان المغنطيس يمس الحديد دائماً حتى يحله ويمغنطه فقد يمغنطه عن بعدٍ بغير ان يمسه: فاذا قُرب (الشكل ٢٣٣) القطب الشمالي من مغنطيس ووضعت حوله قطع متعددة من الحديد فانه يمغنط كل قطعة منها بالحل المغنطيسي فيصير اطرافها القريبة منه جنوبية والبعيدة شمالية



الشكل ٢٣٣

هذا وليس المراد من الحل المغنطيسي ان يتجرد كل واحدٍ من النوعين المغنطيسيين عن الآخر بحيث يكون نوع واحد منهما فقط في مغنطيس واحد او في قطب واحد والنوع الآخر في مغنطيس آخر او في قطب آخر. بل المراد ان يتهيج الواحد منهما فيظهر اكثر مما يظهر الآخر مع بقاء الاثنين حول

كل دقيقة من دقائق المغنطيس . لاننا اذا قطعنا مغنطيساً قطعاً صغيرة بقي لكل منها قطبان شمالي وجنوبي كما كان له نفسه . ليفرض ش (الشكل ٢٣٣) القطب الشمالي من مغنطيس وج القطب الجنوبي منه وليقطع قطعاً صغيرة فيكون لكل منها قطبان شمالي وهو الاسود في الشكل وجنوبي وهو الابيض اذ هي مؤلفة من دقائق لكل دقيقة منها قطبان ايضاً . ولا يخفى ان القوة الشمالية توجه عملها الى الجهة الشمالية والقوة الجنوبية توجه عملها الى الجهة الجنوبية ولذلك يكون اعظم عملهما على قطبي المغنطيس واما في وسطه فتمحق احداهما على الاخرى

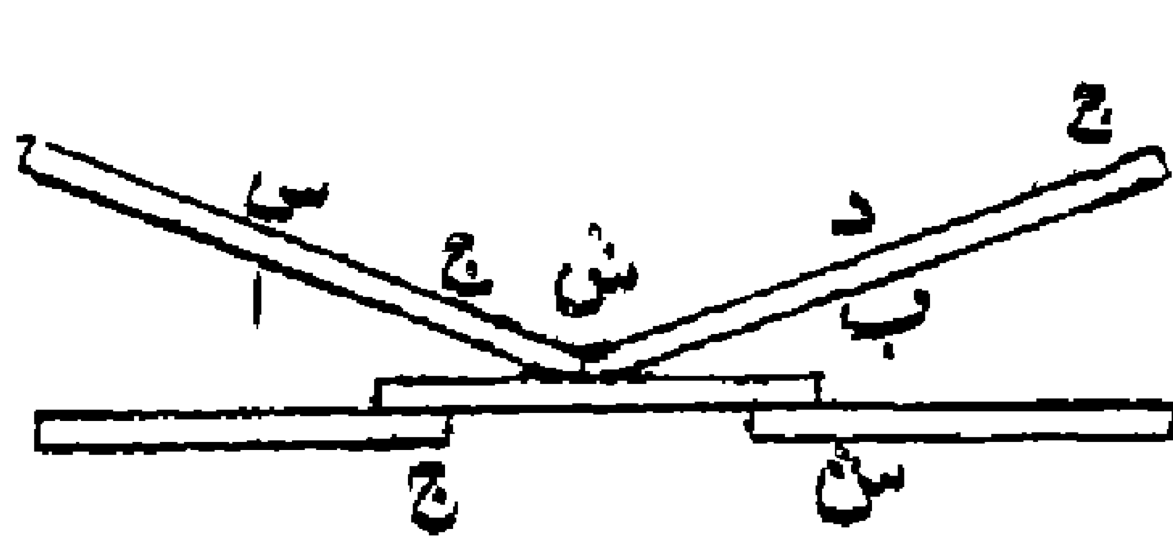
الشكل ٢٣٣

(٤٠٧) قوة الضبط المغنطيسي - اذا حلّ المغنطيس حديدة لينة كما تقدم تصير مغنطيساً وتدوم كذلك ما دامت متصلة به ولكنها لا تضبط مغنطيسيتها بل تفقدها عند انفصالها عنه . بخلاف الفولاذ فانه اذا قُرّب من المغنطيس لا يتمغنط الا بصعوبة ولكنه متى تمغنط وانفصل عن المغنطيس الاصلي لا يفقد مغنطيسيته بل يضبطها فيه . ولذلك يقال ان قوة الضبط عظيمة فيه وضعيفة او غير موجودة في الحديد اللين

(٤٠٨) المغنطة الصناعية - قلنا ان المغنطيس يكون صناعياً وهو يصنع من الحديد والفولاذ بطرق شتى اشهرها اثنتان الكهربائية وسيأتي الكلام عليها والدلك او المس . وهذا اما ان يكون في الحديد المستقيم او في المنحني

فاذا اريد اصطناع مغنطيس مستقيم قضيب كالابرة المغنطيسية مثلاً توضع الحديدة او الفولاذة ا ب على القطب الشمالي والقطب الجنوبي من مغنطيسين كما ترى في الشكل ٢٣٥ ثم يوضع على وسطها قطبا مغنطيسين آخرين د وس الشمالي من الواحد والجنوبي من الآخر وضعاً مائلاً عليها بدون ان يتماسّا

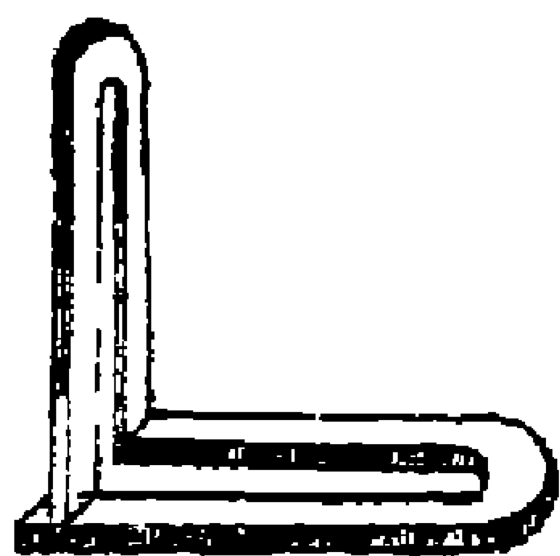
قطبيهما ويجرّ المغنطيس د باليد اليمنى الى ب والمغنطيس س باليد اليسرى الى ا . وكلما بلغا الى نهايتي الحديدة يرفعان ويردّان الى وسطها



الشكل ٢٣٥

ويعاد ذلك بضعاً على الوجه الواحد منها وعلى الوجه الآخر حتى تتمغنط جيداً وهذا العمل يقال له المس المفرد

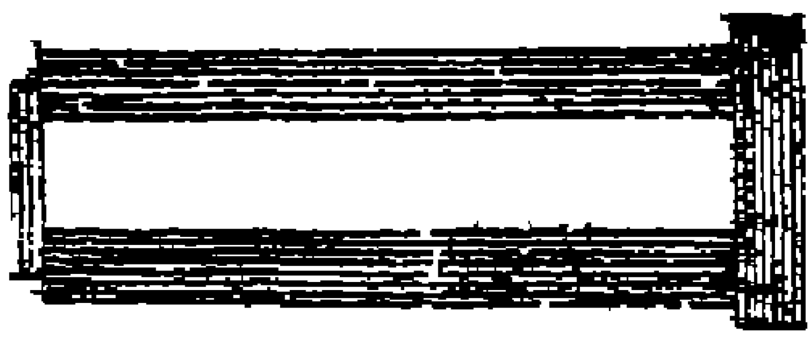
واذا اريد اصطناع مغنطيس مستقيم سميك غليظ توضع الحديدة على مغنطيسين ويوضع عليها قطبان مغنطيسيان كما تقدم ثم يفصل بين هذين القطبين بقطعة من الخشب ويجرّ المغنطيسان معاً الى جهة واحدة لا الى جهتين كأن يجرّا الى اثم الى ب او بالعكس مراراً متوالية على كل وجه من وجهيها حتى تتمغنط جيداً . وهذا العمل يقال له المس المزدوج . ويجب ان يكون عدد الدلكات على كل نصف من نصفي الحديدة متساوياً تماماً


الشكل ٢٣٦

واذا أُريد اصطناع مغنطيس نضوي يوضع مغنطيس نضوي عمودياً على حديدة نضوية من حجمه كما ترى في الشكل ٢٣٦ وتوضع قطعة من الحديد على طرفيها ويجرّ المغنطيس من طرفيها في جهة السهم الى منحناها او بالعكس ثم يدار في قوس ويرد الى المكان الذي ابتدأ جرّه منه

(٣٠٩) حفظ المغنطيس والحافظة + اذا تمغنط جسم يحل مغنطيسيته الى نوعيها فبعد طول الزمان يعود النوعان الى الاتحاد ولو كانت قوة الضبط (عد ٣٠٧) فيه عظيمة ولذلك يخشى عليه من فقد مغنطيسيته على مرور الايام . ويتلافى ذلك بابقاء نوعي المغنطيسية محلولين . فان كان المغنطيس سنة قضبان يوضع اثنان منه على الموازاة في علبة وتخالف اقطابهما حتى يقابل الشمالي من الواحد الجنوبي من الآخر وتوضع حديدة على كل قضيبين (الشكل ٢٣٧) فيحل المغنطيسان

مغنطيسية الحديدتين وبمغنطاتهما. ثم ان الحديدتين تردان الفعل الى المغنطيسين فتبقيان نوعي المغنطيسية محلولين في كل منهما



الشكل ٢٣٧

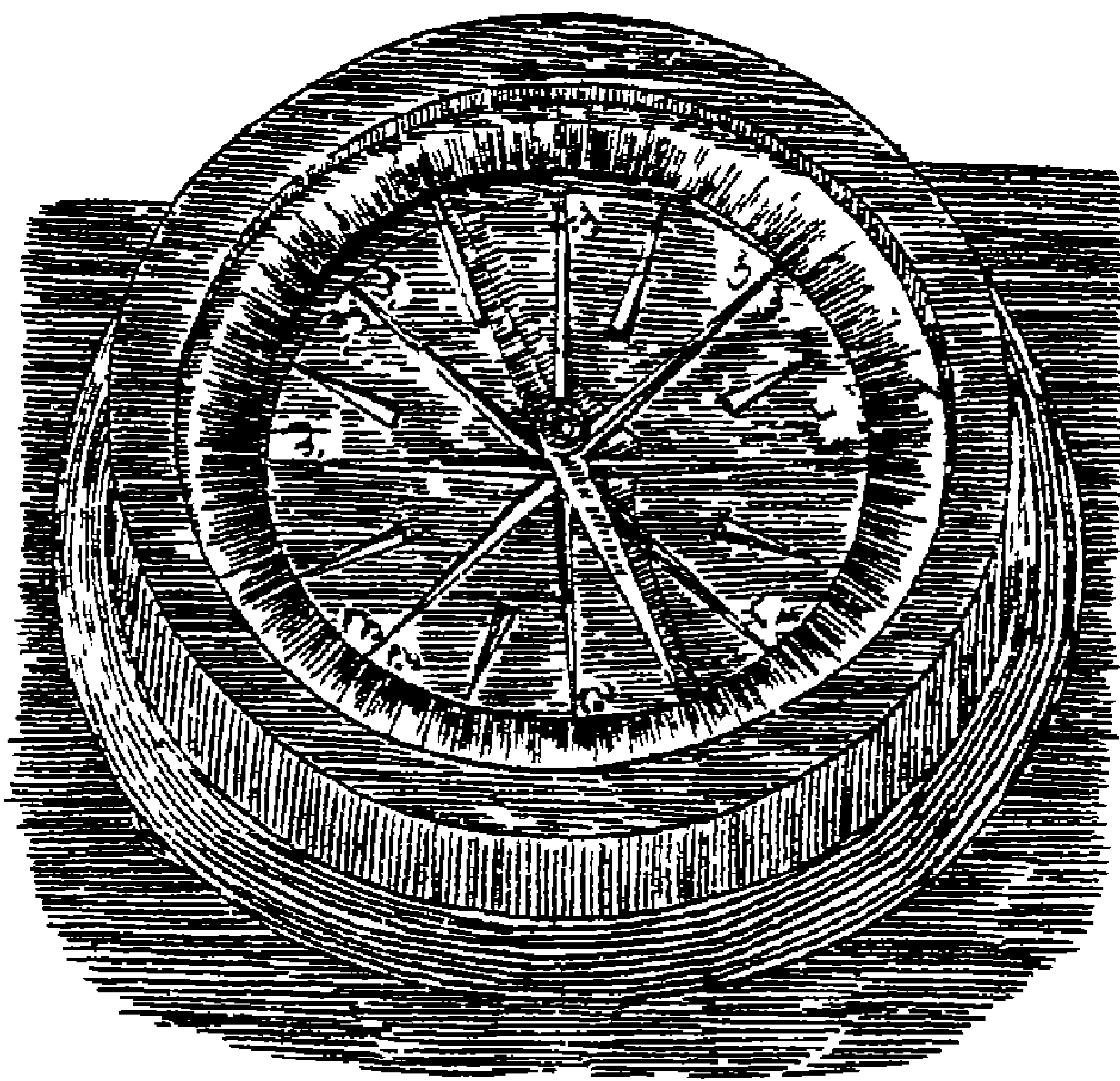
وتمنعانهما من الاتحاد فلا تُفقد المغنطيسية من المغنطيس. وان كان المغنطيس نضوياً توضع حديدة على طرفيه فتتمغنط بالحل ثم تفعل بالمغنطيس كما تقدَّم فتحفظ مغنطيسيته ولذلك تسمى الحافظة

مغنطيسية الارض

(٣١٠) ميل الابرة + اذا توازنت الابرة المغنطيسية على محور اتجه احد قطبيها شمالاً والآخر جنوباً لان في الارض قوة توجهها كذلك. غير ان اتجاهها لا يكون الى الشمال تماماً ولا الى الجنوب تماماً الا في اماكن قليلة على سطح الارض واما في بقية الاماكن فينحرف شرقاً او غرباً عن الشمال والجنوب حسب موقعها. ويعرف انحرافها هذا بميل الابرة. فاذا قيل ان ميل الابرة في بيروت نحو ١٠° غرباً فالمراد من ذلك ان انحرافها عن القطب الشمالي هو نحو ١٠° الى الغرب

اذا فُرض ان قطبي الابرة المغنطيسية امتدّا حتى بلغا القبّة الزرقاء ثم رسمت دائرة مارّة فيهما وفي سمت الرأس سمّيت الهاجرة المغنطيسية. فان لم يكن للابرة ميل في مكان فهاجرته المغنطيسية توافق هاجرته الفلكية وان كان لها ميل شرقي او غربي فهاجرته المغنطيسية منحرفة عن هاجرته الفلكية من الشمال والجنوب شرقاً وغرباً بقدر ميله. واذا رُسم خط على كل الاماكن التي ميل الابرة فيها متساوٍ شرقاً او غرباً قيل له خطّ الميل المتساوي. واذا رسم خط على كل الاماكن التي لا ميل فيها قيل له خطّ اللاميل وهو يحيط بكرة الارض ويقسمها الى قسمين شرقي يشتمل الآن على اسيا واميركا الشمالية والجنوبية وغربي يشتمل على اوربا وافريقيا. ولكنّ خطّ اللاميل

هذا وخط الميل المتساوي ايضاً لا يبقيان دائماً في مواقع ثابتة بل تتغير مواقعهما على توالي السنين فربَّ مكان يكون الميل فيه شرقيًا يصير لا ميل له ثم يصير ميله غربيًا. وهذا التغير يسمَّى الاختلاف الدهري. ويوجد تغيُّران أخران احدهما سنوي وفيه تنحرف الابرة شرقاً عن ميلها الاصلي في بعض الفصول وغربًا في البعض الاخر. والاخر اليومي وفيه تنحرف الابرة شرقًا عن ميلها الاصلي في بعض الساعات وغربًا في البعض الاخر



الشكل ٢٣٦

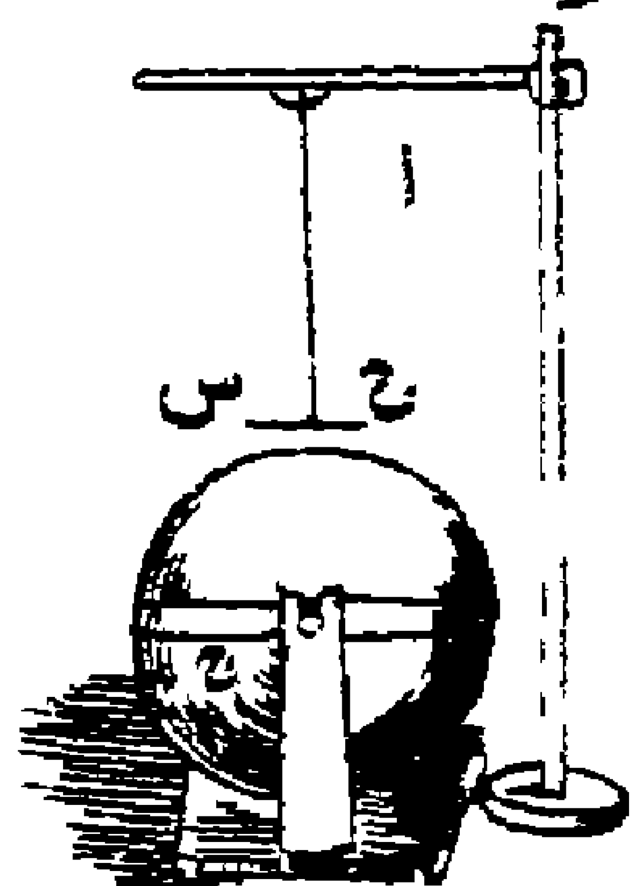
هذا فضلاً عن اختلافات أُخر غير منتظمة كما يحدث عند ظهور الشفق القطبي مثلاً

(٣١١) الحك + الحك آلة لمعرفة جهات الاشباح بميل الابرة ولمسح الاراضي ولفتح الاسراب في الارض ولارشاد السفن في البحار والسواحلين في البوادي والقفار ترى صورته في الشكل ٢٣٨ وهو عبارة عن علبة من الخشب او المعدن مرسوم على قعرها نجمة ذات ست عشرة شعاعة كلٌّ منها تدل على جهة من جهات الافق. وعلى محيطها دائرة مقسمة اقساماً متساوية بحيث يقع قسم الصفر منها على شعاعة الشمال وقسم ١٨٠ على شعاعة الجنوب. وفي مركزها محور من الفولاذ على راسه ابرة مغنطيسية تتحرك بسهولة الى كل الجهات

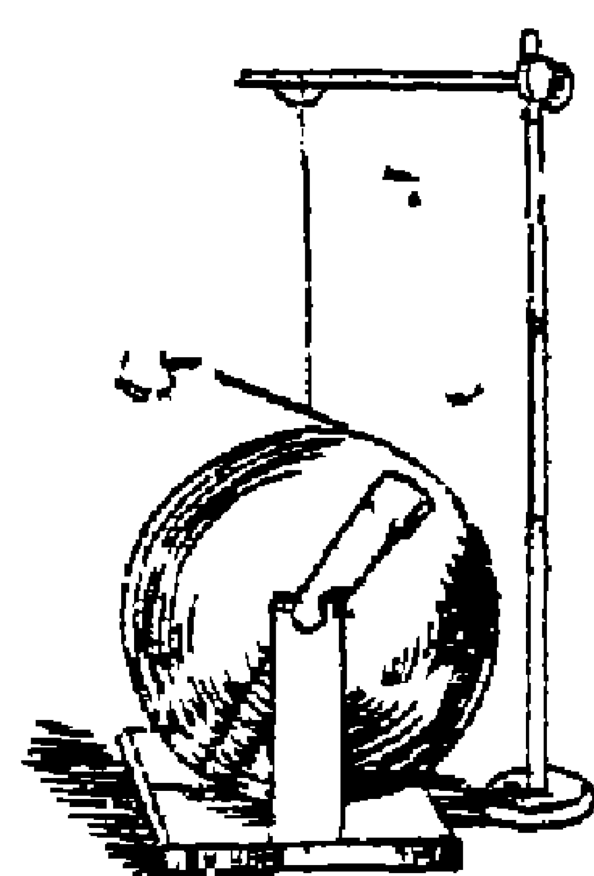
فاذا عرفت الهاجرة الفلكية لمكان عرفت منها هاجرته المغنطيسية بواسطة الحك. وذلك بان يدار الحك حتى تقع شعاعة ش ج منه في جهة الهاجرة الفلكية تماماً ثم ينظر الى اتجاه الابرة فيكون مقدار انحرافها عن ش ج هو ميل الابرة في ذلك المكان. ويصح ايضاً عكس ذلك اعني انه ان كان ميل الابرة في مكان معروفاً تعرف منه هاجرة المكان الفلكية من انحراف خط ش ج عن الابرة شرقاً او غرباً

اما مخترع الحك وزمان اختراعه فمجهولان والظاهر ان الصينيين كانوا يعتمدون عليه منذ زمان طويل واما الاوربيون فلم يذكروا شيئاً عنه حتى القرن الثاني عشر بعد المسيح. وكان الملاحون يعتمدون على الشمس ونجم القطب قبل استعماله فلا يجترءون ان يتوغلوا في البحر ويغيبوا عن البر مخافة ان تغيم السماء عليهم فيضلوا. واما الآن فيخوضون البحار طولاً وعرضاً ولا يخشون حلك الظلام ولا اسوداد الغمام لان الحك دليلهم فيرشدهم وهو في قبضة يدهم

(٣١٢) انتكاس الابرة + اذا علقنا ابرة من الفولاذ مثل س ج بخيط (الشكل ٢٣٩) ووضعنا تحتها كرة في داخلها مغنطيس بحيث يقع المغنطيس موازياً للابرة تسواء تمغنطت الابرة اولم تتمغنط تبقى موازية للمغنطيس. واما اذا وضعنا تحتها كرة بحيث يقع مغنطيسها مائلاً لا موازياً للابرة (الشكل ٢٤٠) فينخفض قطبها الواحد نحو القطب الاقرب اليه من المغنطيس ويرتفع قطبها الآخر. وهذا ما يقال له انتكاس الابرة. وكذلك الامر في



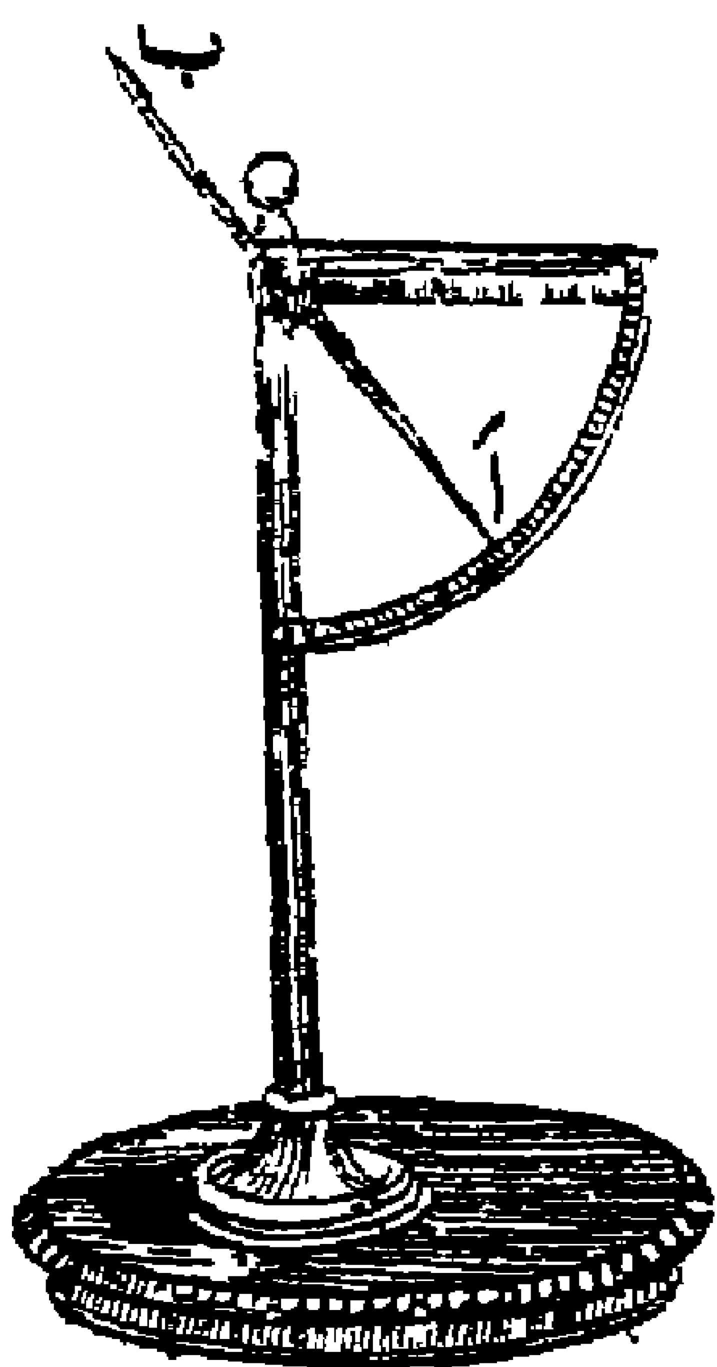
الشكل ٢٣٩



الشكل ٢٤٠

كرة الارض فان الارض تحسب مغنطيساً عظيماً ولذلك اذا عُلِّقت الابرة
كما تقدم فی مكان يبعد بُعداً واحداً عن قطبی هذا المغنطيس لم تنكّس
قطبًا من قطبيها واذا عُلِّقت فی مكان اقرب الی احد قطبيهِ ما الی الآخر فاذا
لم تمغنط تبقی علی وضعها الاصلی ولكنها حالما تتمغنط تنكّس قطبها المخالف له .
ويقاس مقدار انتكاس قطبها هذا بتركيزها علی محور افقيّ بحيث
تتحرك علی دائرة سمتية كما تری فی الشكل ١٤٢ فيعرف الانتكاس من
الدرجات المرسومة علی تلك الدائرة

وطبقاً لذلك لا يكون انتكاس فی بعض الاماكن الواقعة قرب خط
الاستواء بل تجد الابرة هناك افقية . ومن ثم يأخذ انتكاس القطب الشمالی فی
الازدياد كلما تقدمت شمالاً ويأخذ انتكاس القطب الجنوبی فی الازدياد كلما تقدمت
جنوباً حتی يصير انتكاس كلّ منهما ٩٠° ای حتی يصير عمودياً علی الافق . فاذا رسم خط
علی كل الاماكن التی لا انتكاس فيها سمّی خط الاستواء المغنطيسی واذا رسم خط علی كل
الاماكن التی يكون الانتكاس فيها متساوياً سمّی خط الانتكاس المتساوی . واما المكانان
اللذان يكون الانتكاس فيهما ٩٠° فيسميان القطبين المغنطيسيين . وقد وجد
القطبان روس القطب الشمالی منهما سنة ١٨٣١ فی عرض



الشكل ١٤٢

٧٠° ١٤ شمالی وطول ٩٦° ٤٠ غربی ووجد ايضاً الانكاس
٨٨° ٣٧ فی الاوقيانوس الجنوبی علی عرض ٧٦° وطول
١٦٨° شرقی فحسبوا من ذلك ومن غيره ان القطب الجنوبی
كان حينئذ فی عرض ٧٥° ½ جنوبی وطول ١٥٤° شرقی
لكنه لم يحقق مكانه حتی الآن — وكما ان ميل الابرة
يختلف علی ممرّ السنين والفصول والايام كذلك
يختلف انكاسها اختلافاً دورياً وسنوياً ويومياً ولكن
مقدار اختلاف الانتكاس اقل من مقدار اختلاف الميل

(٣١٣) شدّة مغنطيسيّة الارض ÷ ان قوة مغنطيسية الارض اعظم في بعض الاماكن مما هي في غيرها والعادة ان تكون على اضعفها في النواحي الاستوائية وعلى اشدها في النواحي القطبية

ويعرف الفرق بين قوّتها في بعض الاماكن عمّا هو في غيرها من عدّ اهتزازات الابرة المغنطيسية في وقت معلوم. لان القوة المغنطيسية تتغيّر في مكان كمربّع عدد اهتزازات الابرة فيه. فان كانت الابرة تهتزّ في مكانٍ مضاعف ما تهتزّه في مكان آخر في وقت معيّن كانت المغنطيسية في المكان الاوّل اقوى مما هي في المكان الثاني باربعة امثال ÷ هذا واذا رسمنا على خارطة الارض خط الاستواء المغنطيسي والقطبين المغنطيسيين وخط اللاميل وخطوط الميل المتساوي وخطوط الانحراف المتساوي وخطوط الشدّة المتساوية قيل لتلك الخارطة الخارطة المغنطيسية

(٣١٤) الارض مغنطيس ÷ ظهر مما تقدّم ان الارض توجه الابرة الى الشمال والجنوب وانها تبقيها موازية للافق عند خط الاستواء المغنطيسي وتنكسها كلما قربت من القطبين المغنطيسيين . وان مغنطيسيتها تزداد شدّةً نحو القطبين المغنطيسيين وتقلّ نحو خط الاستواء المغنطيسي. فهي في كل ذلك تفعل فعل المغنطيس. هذا فضلاً عن كونها تحلّ مغنطيسية ما عليها من الحديد فان كل القضبان الحديدية كحديد التخوت والكراسي وقضبان الصاعقة وما اشبه اذا كانت عمودية على الارض تكون مغنطيسيتها منحلة وقطبها الشمالي الى جهة الارض وقطبها الجنوبي الى خلافها كما يظهر من تقريب الابرة المغنطيسية اليها. ولا ريب ان حجر المغنطيس كان قبلاً حديداً فمغنطته الارض بحل المغنطيسي. ولذلك نحسب الارض مغنطيساً عظيماً ذا قطبين وخط استواء. ولما كان القطب الشمالي من المغنطيس يجذب القطب الجنوبي من الابرة وبالعكس فاذا حسبنا طرف الابرة المتجه الى الشمال قطبها الشمالي وجب ان نحسب قطب الارض المغنطيسي المقابل له القطب الجنوبي (١). والشائع في

(١) الفرنساويون يحسبون القطب الشمالي من الابرة الطرف المتجه الى الجنوب والقطب الجنوبي منها الطرف المتجه الى الشمال والامر اصطلاحي كما هو في هذا الكتاب

الاصطلاح ان يسمى هذا القطب الشمالى ايضا والاخر الجنوبى فرارًا من الالتباس ولو كان الاصطلاح مخالفًا للواقع

اما مصدر مغنطيسية الارض فغير معروف والمظنون من ادلة شتى ان حرارة الشمس تؤثر فى الارض فتهيج فيها مجارى كهربائية وهذه المجارى تولد فيها المغنطيسية كما سيأتى - والله اعلم

الفصل الثانى

فى كهربائية الاحتكاك

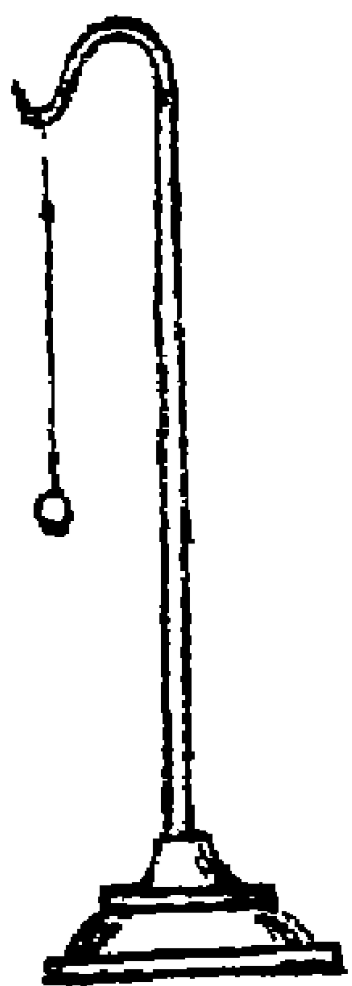
(۴۱۵) حدود - الكهربائية قوة تظهر على الاجسام لاسباب شتى كالاحتكاك والضغط والتركيب والتحليل الكيميائيين ونحو ذلك - فاذا ظهرت على جسم بالاحتكاك او بغيره قيل ان ذلك الجسم قد تهيج واذا انتقلت من جسم متهيج الى جسم ثانٍ قيل ان هذا الجسم الثانى قد تكهرب

(۴۱۶) كهربائية الاحتكاك - هذه الكهربائية تظهر على الاجسام باحتكاكها

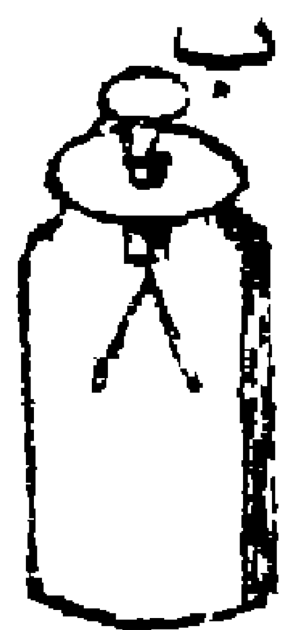
فاذا مُشط الشعر بمشط من الكوتا برخا سمع له طقطقة لان احتكاك الشعر بالمشط هيج فيه كهربائية تفرقع - واذا حُكّ صوف الهر فى الظلام بدا منه الشرر لان الكهربائية تتهيج فتضئ - واذا مشى الانسان فى الايام الباردة الجافة على الطنافس بالاحذية هيج فى جسده كهربائية غير قليلة حتى انه اذا قرّب اصبعه الى حنفية الغاز يشعله مما فيه من الكهربائية - واذا حُكّت انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير تهيجت فيها الكهربائية فتجذب الاجسام الخفيفة ثم تدفعها واذا قربها الانسان الى وجهه شعر كأن عليه نسيج العنكبوت

(۴۱۷) الالكترسكوب :- الالكترسكوب آلة يعرف بها تهيج الكهربائية

في الاجسام. وهو على اشكال شتى منها الالكترسكوب الرقاص وهو خيط من الحرير في اسفله كرة من لب السيسبان مربوط من اعلاه ببراس ملتو من انبوبة زجاجية (الشكل ٣٤٢) فان كانت الكهربائية مهيجة في جسم وقدم الى كرة لب السيسبان اجتذبها ثم دفعها وان لم تكن لكهربائية مهيجة فيه تركها على ما هي



غير انه اذا كانت كهربائية الجسم ضعيفة لا تؤثر في الالكترسكوب الرقاص فيستعاض عنه بالكترسكوب ورق الذهب وهو ورقتان الشكل ٣٤٣ رقيقتان من الذهب (الشكل ٣٤٣) معلقتان بشريطة من النحاس مارة في انبوبة من الزجاج ومنتهية بقرص من النحاس ب هو غطاء القنينة التي تحتوي هذه الاجزاء كلها. فاذا قرب الجسم المكهرب الى القرص ب تتدافع الورقتان فتبعد احداها عن الاخرى



(٣٤٨) الكهربائية نوعان * ان الكهربائية نوعان زجاجية او ايجابية (+) وراتنجية او سلبية (-) الشكل ٣٤٣ فالاجسام التي كهربائيتها متشابهة تتدافع والتي كهربائيتها متخالفة تتجاذب كالمغنطيس

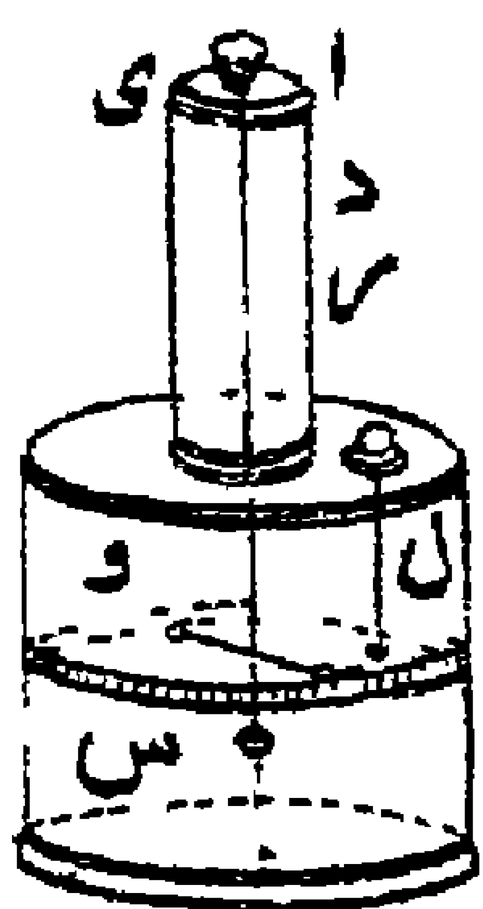
ولبيان ذلك: افرك انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير حتى تتهيج الكهربائية فيها ثم قربها من لب السيسبان في الالكترسكوب الرقاص فتجذبه حتى تكهربه ثم تدفعه ولا تعود تجذبه ما دام مكهربا منها. ثم افرك قضيبا من شمع الختم بقطعة من الفرو او الصوف حتى تتهيج فيه الكهربائية وقربه الى لب السيسبان المكهرب من الزجاج فيجتذبه حالا حتى يكهربه ثم يدفعه ولا يعود يجتذبه ما دام مكهربا منه. اعد انبوبة الزجاج على اللب حينئذ فتجذبه اليها حتى تكهربه ثانية فتدفعه ثم اعد قضيب الختم عليه فيجذبه حتى يكهربه فيدفعه. فيظهر من ذلك ان كهربائية الزجاج تجذب ما تدفعه كهربائية شمع الختم وكهربائية شمع الختم

تجذب ما تدلكه فيه كهربائية الزجاج فاذاً هما نوعان مختلفان احدهما يسمى زجاجيا او ايجابيا لظهوره على الزجاج والآخر يسمى راتنجيًّا او سلبيًّا لظهوره على شمع الختم وهو ممزوج راتنجي

اما كون الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفة الكهربائية تتجاذب فيتضح مما يأتي علاوةً على ما تقدم: كهرب كرتين من لب السيسبان بكهربائية الزجاج وقرب احداهما الى الاخرى فتتدافعان وتتباعدان كانهما متنافيتان. وكذلك كهرب كرتين اخريين من لب السيسبان ايضا بكهربائية شمع الختم وقرب احداهما الى الاخرى فتتدافعان كتدافع الكرتين المكهربتين بالزجاج. ثم قدّم هاتين الكرتين الى تينك الكرتين تتجاذب حالًا طبقًا لما تقدم من ان الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفة تتجاذب

(٣١٥) ناموسا الكهربائية ÷ للكهربائية ناموسان احدهما تدافع الاجسام المتشابهة الكهربائية وتجاذب المتخالفتها وقد مر والثاني انها تتغير بالقلب كمربّع البعد فتزيد بقدر ما ينقص من مربع البعد وبالعكس

ولبيان ذلك يستعمل ميزان الفتل الذي اخترعه كولمب وهو مؤلف من اسطوانة من الزجاج مغطاة من اعلاها بغطاء من الزجاج ايضا ز (الشكل ٢٣٤) وفي وسط هذا الغطاء انبوبة من الزجاج د غير ثابتة بل تدار فيه عند الارادة وعلى اعلى هذه الانبوبة غطاء من النحاس ا مركب عليها بحيث يمكن ان يدار بالزرّ ى وعلى الغطاء ا هذا دائرة مقسومة ٣٦٠ درجة تدور معه بدورانه. ويتصل بهذا الغطاء شريطة دقيقة جدًّا من الفضة طول قدم منها لا يزن اكثر من $\frac{1}{10}$ القمحة معلق بها قضيب دقيق من اللك وله عند راسه قرص صغير من ورق من النحاس. وقرب حافة الغطاء ز ثقب ثان يدخل منه قضيب من الزجاج في اسفله كرة من لب السيسبان مذهبة م وفي اعلاه ة



الشكل ٢٣٤

مقبض من الخشب به يُرفع ويُرجع عند الارادة . وعلى دائر الاسطوانة الزجاجية دائرة س مقسومة ٣٦٠ درجة والصفر منها واقع مقابل الكرة المذهبة م

وكيفية العمل بهذا الميزان ان يجفَّفُ هواؤهُ اولاً بوضع قليل من كلور يد الكلس فيه فيمتصُّ رطوبته . ويدار الزرّ ي حتى يقع الصفر الذي على الغطاء ا تجاه سبابية عند البرق سهم في الشكل وتدار الانبوبة دا يعنًا حتى تحمل شريطة الفضة من الفتل تمامًا ويمسّ القرص ن الكرة م ويقابل كلاهما الصفر على المقياس س . ثم تُرفع الكرة م وتكهرب وترَدُّ وعندما تمسُّ القرص ن تكهرب بهِ فيندفع عنها وبعد ان يهتز مدة يهدأ على بُعد معيّن عنها لان اندفاعه يفتل الشريطة المعلّق بها والشريطة تقاوم اندفاعهُ فتنهد ئهُ . ولنفرض انهُ هدأ على بُعد عشر درجات . فاذا ادرنا الزرّ ي حينئذٍ حتى نردّ هذا القرص الى م وجدنا انه لا يرتدُّ خمس درجات حتى يكون الغطاء اقد دار خمسًا وثلاثين درجة . فتكون شريطة الفضة قد انفتلت من راسها مقابل اخمسًا وثلاثين درجة ومن اسفلها خمس درجات : اعني انها تنفتل بردّ القرص ن خمس درجات مع مضادة دفع الكهربائية له كما تنفتل لو اندفع القرص ن اربعين درجة . والاربعون درجة هي اربعة اضعاف العشر الدرجات وقوة الفتل تقاس بزواياها كما اثبت ذلك الطبيعيون بالتجربة . فاذن تكون القوة اللازمة لمقاومة قوة الكهربائية على بعد خمس درجات اربعة اضعاف القوة اللازمة لمقاومتها على بعد عشر درجات اي ان القوة الكهربائية على بعد خمس درجات هي اربعة اضعاف قوتها على بعد عشر درجات . فاذا قوة الكهربائية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد وبالعكس وهذا معنى قولنا انها تتغير بالقلب كمربع البعد . وعلى مثل ما تقدَّم يستعلم ان القوة المغنطيسية تجري على هذا الناموس (عدد ٢٨٠)

. وعلى الاسلوب نفسه يجري الامتحان اذا اخذت كرة القضيب ل القرص ن غير ان الكرة والقرص يُملآن لذلك بكهربائيتين مختلفتين متساويتي المقدار . فترفع

انبوبة الزجاج قليلاً ويُعطى القرص المتحرك اذ تكون الكرة م خارجاً عن الميزان كميةً ما من الكهربائية بواسطة دبوس منفصل (اي منفصل عن اليد بزجاج وسيأتي الكلام بعيد هذا عن الانفصال) . والمقياس ابو منم بحيث يبعدان عن الصفر درجات مفروضة بعينها المقياس الاسفل س . ثم تُملأ الكرة الثابتة كهربائية مخالفةً لتلك وترجع الى مكانها فيسير القرص حينئذٍ نحو الكرة بالجاذبية الكهربائية ولكن عائق قوة الفتل في شريطة الفضة يمنعه عن الوصول اليها فيبقى القرص على بعد درجات بحيث تكون موازنة بين قوة الجذب الكهربائي في الجمع بينهما وقوة الفتل للتفريق بينهما . ثم حين يُدار المقياس عند احتى تصير تلك الدرجات مضاعف ما كانت مثلاً نرى قوة الفتل قد صارت ٤ اضعاف . وذلك ايضاً يثبت الناموس المار ذكره

(٣٢٠) ماهية الكهربائية ÷ ان ماهية الكهربائية غير معروفة بالقطع وقد كانوا قبلاً يظنون انها مادة سائلة لطيفة جداً لا وزن لها متخللة دقائق كل الاجسام وما الآن فيظنون انها كالنور تحصل من اهتزازات دقائق الاجسام فلا تكون مادة بل نوعاً من الحركة التي تحركها دقائق الاجسام . وعلى ايهما كانت فهي في كل جسم نوعان وما دام ان النوعان متوازنين في الجسم يقاوم احدهما قوة الآخر فلا يظهران واما اذا اختلت موازنتها بداعٍ من الدواعي كالاحتكاك والحل والتركيب الكيماوي فينفصل كل منهما عن الآخر ويظهر الواحد على الجسم في جهة مخالفة للجهة التي يظهر الآخر عليها . وهذه الموازنة تختل باقل الاشياء ففي قص قطعة صغيرة من اللحم بسكين من الفولاذ وشوكة تختلّ موازنة نوعي الكهربائية فيها حتى يظهر منها ما يكفي لتحريك ابرة التلغراف . غير انه كما تختل الموازنة باقل الاشياء تعود على اسهل سبيل فلا نشعر على الغالب باختلالها ولا بعودها

(٣٢١) ظهور نوعي الكهربائية معاً ÷ كلما حُكّ جسم باخر ينحلّ نوعا الكهربائية فيهما فيظهر احدهما على الحاكّ والآخر على المحكوك

اذا حككنا انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير تكهرب الزجاج ايجاباً والحرير سلباً كما يُعرف من تقريبهما الى الكترسكوب . ولا يتوهم من ذلك ان الجسم المحكوك يتكهرب دائماً ايجاباً والحاكّ سلباً لان عكس ذلك يقع فی بعض الاجسام كوقوعه فی غيرها . وهاك قائمة مرتبة على شكل انه اذا حُكّ جسمان من الاجسام المذكورة فيها احدهما بالآخر فالسابق منهما يتكهرب ايجاباً والتالی يتكهرب سلبا

(۱) فرو الهرّ	(۴) الزجاج	(۷) الخشب	(۱۰) الراتنج
(۲) الفلانلا	(۵) القطن	(۸) اليد	(۱۱) المعادن
(۳) العاج	(۶) الحرير	(۹) اللك	(۱۲) الكبريت

(۲۳۴) الموصل والفاصل : ان الكهربائية تجتاز على بعض الاجسام باعظم صعوبة وعلى بعضها باعظم سهولة وعلى بعضها بَيْنَ بَيْنَ فالتی لا تجتاز عليها الا باعظم صعوبة يقال لها اجسام فاصلة او غير موصلة والبقية يقال لها اجسام موصلة

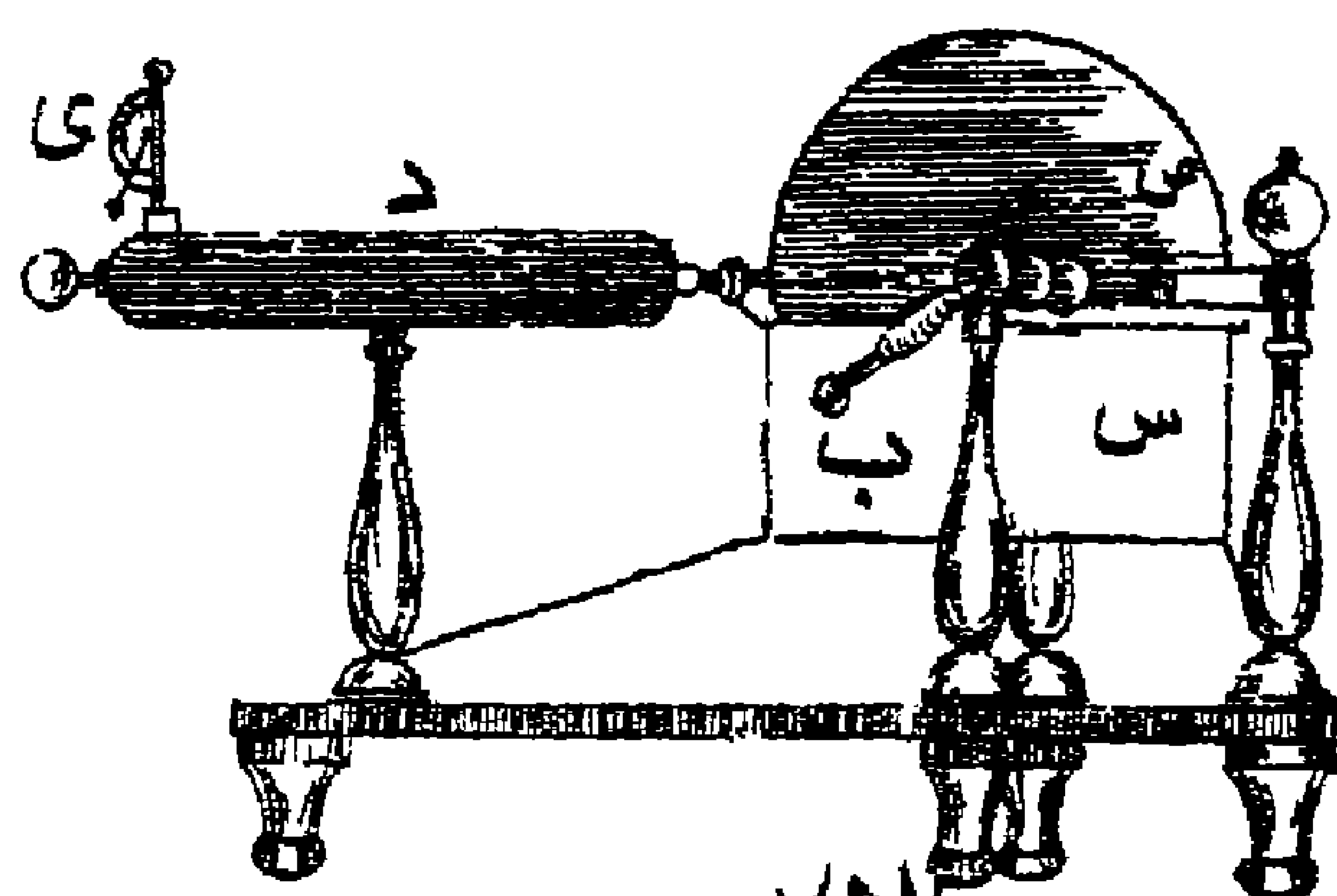
فالنحاس من احسن الاجسام الموصلة ولذلك يستعمل فی التجارب الكهربائية كلها والزجاج من احسن الاجسام الفاصلة . والجسم الواحد قد تختلف قوته على الايصال باختلاف درجة حرارته واختلاف هيئته فالماء يوصل الكهربائية جداً اعلى حاله الطبيعية ولكنه يزيد قوةً على الايصال بزيادة حرارته وينقص قوةً على الايصال بزيادة برودته او بتحوله بخاراً او جليداً او ثلجاً جافاً . وقد تختلف قوة الجسم على الايصال ايضاً باختلاف حالته وتركيبه الكيماوی فالعصا الخضراء موصلة والمشوية الجافة غير موصلة والفحم موصل والرماد غير موصل . وبالاجمال يقال ان المعادن والماء وكل الاجسام الرطبة والحيوانية والنباتية والارض نفسها موصلة واما الهواء الجاف وكل المواد الراتنجية والزجاجية ففاصلة وهاك قائمة تشتمل على اسماء اجسام اجود الاجسام الموصلة والفاصلة

	الموصلة		الفاصلة
المعادن	الحوامض	الهواء والغازات الجافّة	الشمع
الفحم	النباتات	الورق الجاف	الكبريت
اللهيب	الحيوانات	الحرير والزجاج	الكهرباء
الماءُ	الثلج	الماس والحجارة الكريمة	اللك

(٣٢٣) حصر الكهربائية وجمعها ✽ اذا تكهرب جسم موصل لم تبقَ الكهربائية فيه بل حالما يمسّ الارض التى هى موصل جيد ايضًا تنتقل الكهربائية منه الى الارض (الحوض الكهربائىّ العظيم). ولذلك لا تظهر الكهربائية على النحاس مهما حُكَّ ليس لان حكهُ لا يهيج الكهربائية فيه (مع ان الكهربائية تتهيج فى كل جسم يُحَكّ) بل لانهُ موصل جيد فحالما تتهيج الكهربائية فيه تفلت منه وتجتاز الى جسد من يحكهُ. ولما كانت الاجسام الفاصلة لا تأذن للكهربائية بالاجتياز عليها فاذا احاطت بجسم موصل حصرت كهربائيته فيه ولم تفتح لها منفذًا للافلات منهُ فيقال حينئذٍ ان ذلك الموصل مفصول. وعليه يفصلون الموصلات بعمل قوائمها من الزجاج او بوضعها على اقراص من الراتنج او بلفّ خيوط من الحرير عليها ونحو ذلك. غير ان اجود الاجسام الفاصلة لا بد ان يسمح لقليل من الكهربائية بالاجتياز عليه ولذلك لا بد من ان تفلت الكهربائية من جسم مكهرب على طول الزمان ولو فصل باحسن فاصل. هذا فضلا عن ان رطوبة الهواء تزيل قوة الفاصل على الايصال ولاسيما الزجاج لان رطوبة الهواء تتكاثف عليه كثيرا. ولذلك يعسر حصر الكهربائية فى الايام الرطبة الهواء او المغيمة الممطرة. وهذا هو السبب فى كون الآلات الكهربائية لا تعمل جيدا اذا كان الهواء حولها رطبًا

الآلات الكهربائية

(٣٢٤) آلة رمسدن الكهربائية * الآلة الكهربائية كل آلة تُجمع بها الكهربائية. واوّل من اخترعها أُطوفن كركي مخترع مفرغة الهواء. والغرض الآن وصف آلات كهربائية الحك وهي عديدة نذكر منها آلة رمسدن ونعرف بزات القرص.



الشكل ٢٣٥

اشهر اجزاء هذه الآلة اربعة القرص والحاكّان والقضيب المسنّن والموصل الاعظم. اما القرص فيصنع من الزجاج ص (الشكل ٢٣٥) ويوضع بين قائمتين من الخشب الصلب الجاف ويدار بواسطة مقبض. واما الحاكّان س س فيصنعان من الحرير او من الجلد المطلي بملغم وهو مزيج من التوتيا والقصدير والزئبق ويوضعان على جانبي القرص ويلصقان به بواسطة لوالب حتى يحتك بهما متى دار. واما القضيب المسنّن فقضيب من النحاس له على احد جوانبه اسنان يمتدّ من طرف الموصل الاعظم حتى تقع اسنانه قبالة قرص الزجاج وقربه. وقد يكون في الآلة قضيبان منه. واما الموصل الاعظم فاسطوانة من النحاس د موضوعة على قائمة من الزجاج ومستديرة الطرفين حتى لا يسرع افلات الكهربائية منها الى الهواء ويمتدّ القضيب المسنّن من طرفها الذي يلي القرص ولها في طرفها الآخر كرة من النحاس

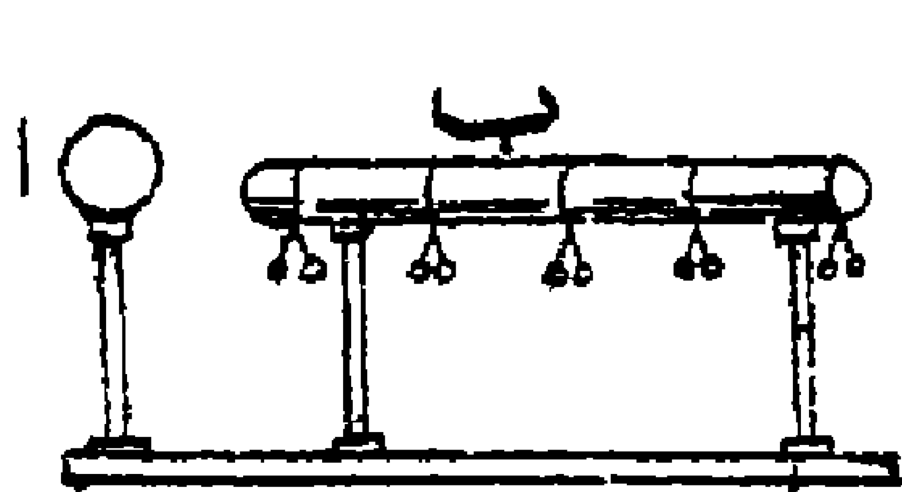
وكيفية جمع الكهربائية بهذه الآلة ان يدار القرص ص فيحك الحاكّات عليه فتتهيج فيه الكهربائية الايجابية وتتهيج فيهما الكهربائية السلبية كما يعرف بالالكترسكوب ثم تنتقل كهربائية القرص الى اسنان القضيب المستدق لان الكهربائية تطلب الرؤوس كما سيجيء وتجتاز عليه حتى تجتمع في الموصل الاعظم المفصول على قائمة الزجاج. ثم انه اذا بقيت الكهربائية السلبية على الحاكّين تطلب دائماً ان تتحد بالكهربائية الايجابية التي تتهيج على الزجاج واذا اتحدت بها عادت الموازنة بينهما ولم يمكن جمع واحد منهما. ولذلك تعلّق بالحاكين سلسلة او اكثر من النحاس لم ترسم في الشكل وتدلّى الى الارض (حوض الكهربائية العظيم) فتتحد كهربائيتهما السلبية بكهربائية الارض الايجابية وتبقى كهربائية قرص الزجاج وحدها

هذا اذا اريد جمع الكهربائية الايجابية واما اذا اريد جمع الكهربائية السلبية فتفصل قوائم الآلة بوضعها على صفائح سميكة من الزجاج او من الراتينج. وتدلى من الموصل الاعظم سلسلة معدنية الى الارض لتوصله بها. فبعد ما تتهيج الكهربائية بحك الحاكين على القرص تفلت الايجابية من الموصل الاعظم الى الارض بواسطة السلسلة المعدنية واما السلبية فتبقى على الحاكين ❊ واذا كانت هذه الآلة متقنة العمل جديدة الملغم وكان الهواء جافاً تُلحظ فيها دوائر من النور حول القرص مؤلفة من شرار كهربائي يظهر ما بين سطح القرص والحاك وتسمع له طقطقة ويتناول الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم عن بعد بضعة قراريط

(٣٢٥) الالكترومتر الربعي ❊ كثيراً ما تسمى الكهربائية بالسيال الكهربائي وموافقة لذلك يقال ان هذا الوعاء مملوء من السيال الكهربائي اعني انه قد تكهرب. ومقدار هذا الامتلاء متفاوت. فاذا اردنا ان نعرف مقدار امتلاء الموصل الاعظم في ذات القرص استعملنا الالكترومتر الربعي (الشكل ٢٣٥) وهو نصف دائرة من العاج او نحوه محمول على عمود من الخشب ومقسوم مئة وثماني درجة يبتدئ عدّها من اسفله نصاعداً . وفي مركزه قضيب دقيق من عظم

الحوت يتحرك على نفسه وله فى راسه كرة من لب السيسبان ويسمى دليل الالكترومتر فاذا كان الموصل الاعظم خالياً من الكهربائية كان هذا الدليل مدلّى نحو الموصل الاعظم عمودياً على الافق . وكلما امتلأ الموصل الاعظم كهربائية كهرب الدليل منها ودفعه عنه فيرتفع الدليل على الدرجات ويقف عند ما تبلغ الكهربائية حدّاً ما فى الزيادة فيعرف مقدارها من الدرجات التى ارتفع الدليل عليها

(٢٢٦) الحلّ الكهربائى : اذا انفصل جسم مُوصل للكهربائية ووُضع على بعدٍ معيّن من جسمٍ آخر مكهرب تكهرب هو ايضاً بانحلال نوعى كهربائيته . ولذلك يقال انه تكهرب بالحل



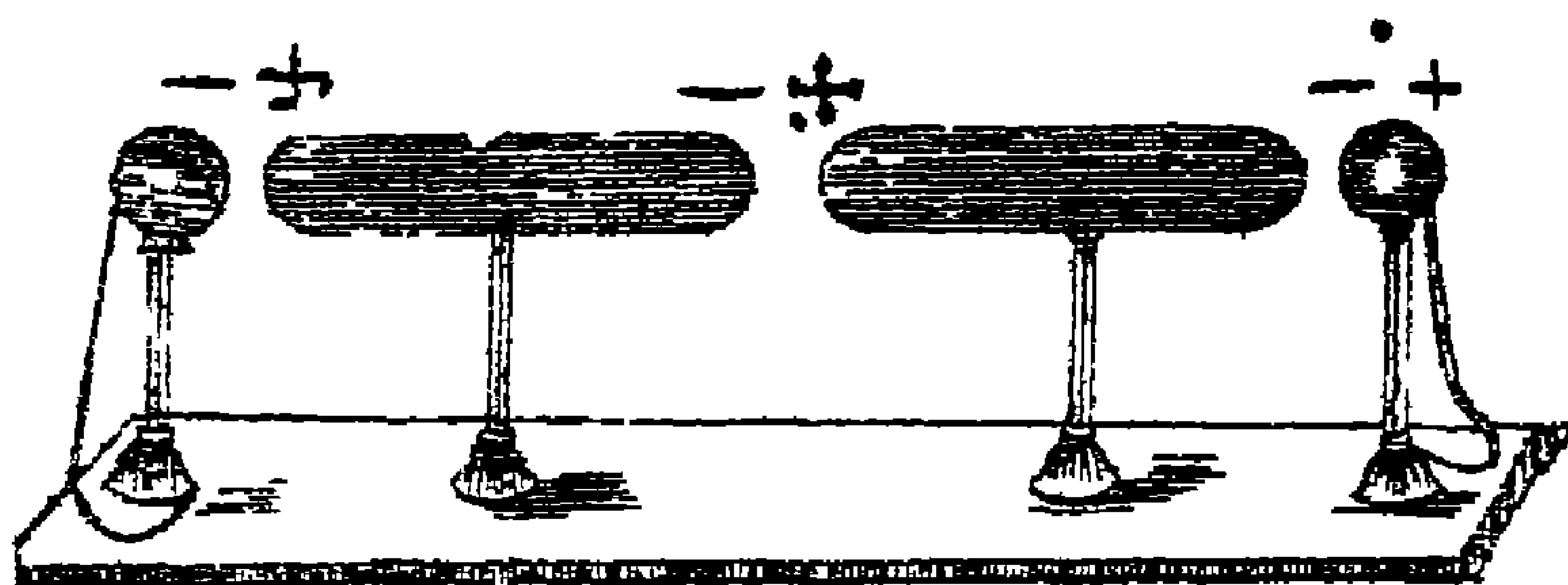
ولبيان ذلك افصل جسماً مكهرباً مثل ا (الشكل ٢٢٦) وعلّق ازواجاً من كرات لب السيسبان على وسط جسم موصل ب وعلى اقسام أُخر منه كما ترى وافصل هذا الموصل

الشكل ٢٢٦

بوضعه على قوائم من الزجاج وضعه قرب الجسم المكهرب ولكن أبعد من ان تنتقل الكهربائية اليه شرراً فتجد ان كل زوج من ازواج لب السيسبان تتدافع كرتاه وتتباعد ان الّا الزوج المعلّق فى وسط الموصل تماماً . وان تباعد كرات كلّ من الزوجين المعلقين على الطرفين يزيد عن تباعد غيرهما ويأخذ من ثمّ فى التناقص بين كل كرتين من بقية الازواج حتى يتلاشى فى الوسط

ثم ان كانت كهربائية الجسم ايجابية وقرب الالكترسكوب الى الموصل ب يوجد نصفه المتجه الى ا سلبيًا ونصفه الآخر ايجابيًا وان كانت كهربائية ا سلبية كانت كهربائية نصف الموصل ب المتجه اليه ايجابية وكهربائية النصف الآخر سلبية . اى ان النصف الاقرب الى ا يتكهرب بخلاف كهربائيته والنصف الأبعد يتكهرب بمثل كهربائيته . فيكون كل طرفٍ من طرفى الموصل قد تكهرب بكهربائية مخالفة لكهربائية الآخر ويقال انه قد استقطب

(وعليه اذا وضعت موصلين او اكثر بين كرتين من النحاس كما ترى فى الشكل ٢٧٤ ووصلت احدى الكرتين بالقطب الايجابى من الآلة الكهربائية والاخرى بالقطب السلبى فالموصلان يتكهربان ويستقطبان بالحل الكهربائى فتخالف كهربائية الكرة كهربائية الطرف الاقرب اليها من الموصل الذى يليها وتشابه كهربائية الطرف الابعد عنها منه

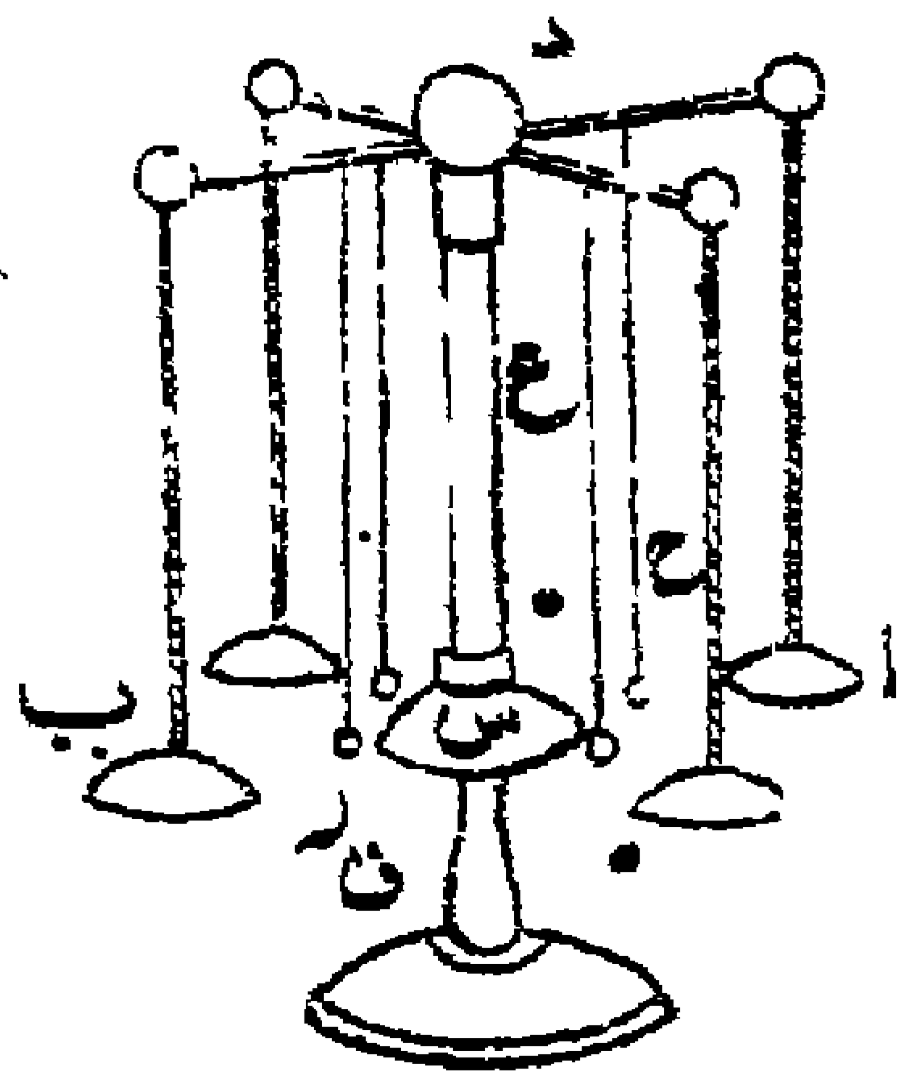


الشكل ٢٧٤

(٢٧٤) تعليل الحل الكهربائى ❊ ذهب العلامة فارادى فى تعليل الحل الكهربائى . اولاً ان دقائق الجسم تنحل بها الكهربائية بالحل كما تنحل بالموصلات التى مرّ الكلام عليها فتكهرب احد قطبيها ايجابا والآخر سلبا . وذلك انه متى استقطبت دقيقة بحل كهربائيتها تحلّ هى كهربائية الدقيقة المجاورة لها وهذه تحلّ كهربائية الدقيقة المجاورة لها ايضا وهكذا حتى تستقطب دقائق الجسم كله فيكون طرف كل دقيقة منها مكهربا بعكس كهربائية الطرف المقابل له ❊ وثانيا ان الدقائق التى قد انحلت كهربائيتها فاستقطبت كما تقدم اذا كانت فى فاصل فكهربائية كل منها تبقى فيها ولا تنتقل الى غيرها واما اذا كانت فى جسم موصل فكهربائيتاها لا تبقى فيها بل تنتقل منها الى المجاورة لها حتى تتجمع الايجابية منها على طرف والسلبية على آخر كما مرّ فى استقطاب الاجسام الموصلة (عد ٢٢٦)

(٢٧٥) الجذب والدفع الكهربائيان ❊ لا يحصل جذب بالكهربائية ولا دفع على الاطلاق ما لم يسبقهما الحل الكهربائى كما فى المغنطيس (عد ٢٠٦)

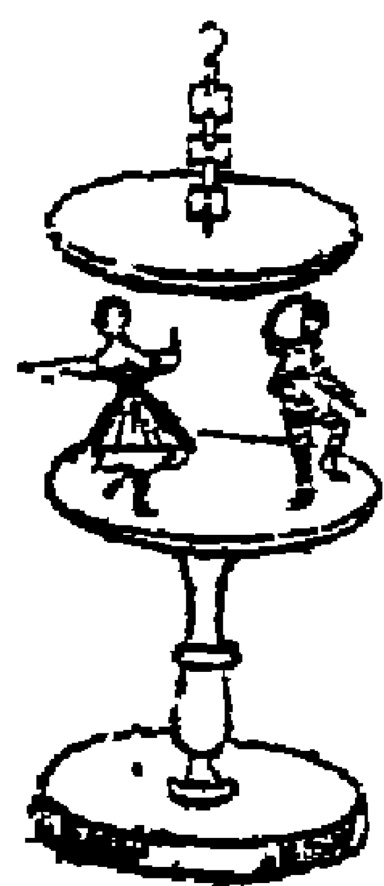
ويتضح ذلك من دق الاجراس الكهربائية (ر الشكل



٢٣٨) فالجرسان ا و ب معلّقان بسلسلتين على قضيب معدني (وكذلك الجرسان اللذان يليانهما) ويتصل بهذا القضيب كرتان معدنيتان ايضاً ح و د معلقتان ومفصولتان بخيطين من الحرير ويوجد جرس آخر س متصل بالارض بواسطة القائمة ق التي هو عليها ومنفصل عن الكرة المعدنية د بفاصل من الزجاج ع. فتوصل

الشكل ٢٣٨

الكرة د بالموصل الاعظم من الآلة الكهربائية وتوصل الآلة الكهربائية الايجابية منه الى الجرسين ا و ب. فلان هذين الجرسين يجلان كهربائية الجرس س فتصير كهربائيته سلبية ويحلان ايضاً كهربائية الكرتين ويجذبانهما حتى يملأهما من كهربائيتهما ثم يدفعانهما فيجذبهما الجرس س حتى يملأهما من كهربائيته ثم يدفعهما فتتراقص الكرتان بين هذه الاجراس الثلاثة فتدق تارة هذا وطوراً هذين ما دامت الكرة د تتوصل الكهربائية اليهما. وهكذا يقال في الجرسين الآخرين المعلقين



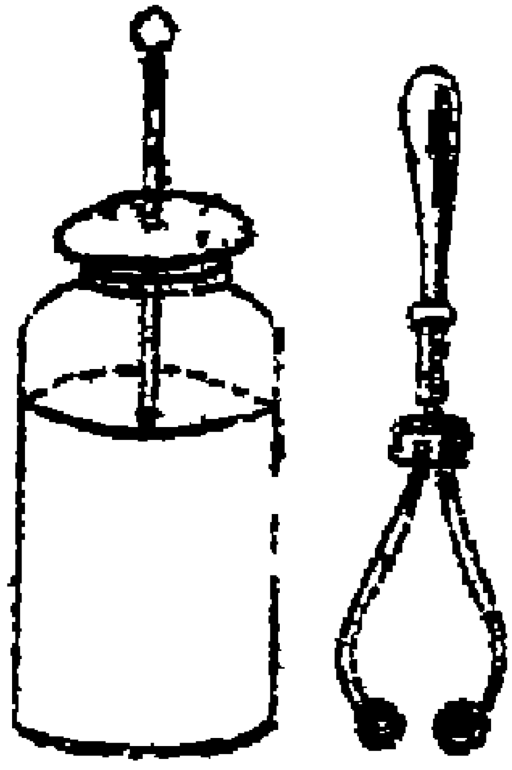
ويتضح ذلك ايضاً من التماثيل الراقصة (الشكل ٢٣٩) وهي تماثيل صغيرة من لب السيسبان توضع بين قرصين معدنيين اعلاهما يدلى بسلسلة من الموصل الاعظم واسفلهما يتصل بالارض. فعند ادارة الآلة الكهربائية يتكهرب القرص الاعلى بالكهربائية الايجابية فيحل القرص الاسفل ويكهربه بالسلبية ويجتذب التماثيل ويدفعها ثم يجتذبها القرص الاسفل ويدفعها ايضاً فتتراقص بينهما (١)

الشكل ٢٣٩

(١) يدار للّب قرص الآلة الكهربائية ببطوء واذا اهتزت دبابيس في اقدام التماثيل مكثت دون سها

وعلى ما تقدم يعلل جذب الزجاج المحكوك للب السيسبان ودفعه له

(٤٢٩) القنينة الليدنية ❊ هذه قنينة من الزجاج مكتسية من الخارج ومبطنة من الداخل بورق القصدير الا اعلاها من قرب ملتقى عنقها فما فوق (الشكل ٣٥٠) وطاسداد من الخشب المشوى يمر في وسطه شريطة معدنية في راسها تفاحة من النحاس وفي اسفلها سلسلة تتدلى الى بطانة القصدير وتملأ كهربائية بأن تقرب تفاحتها الى الموصل



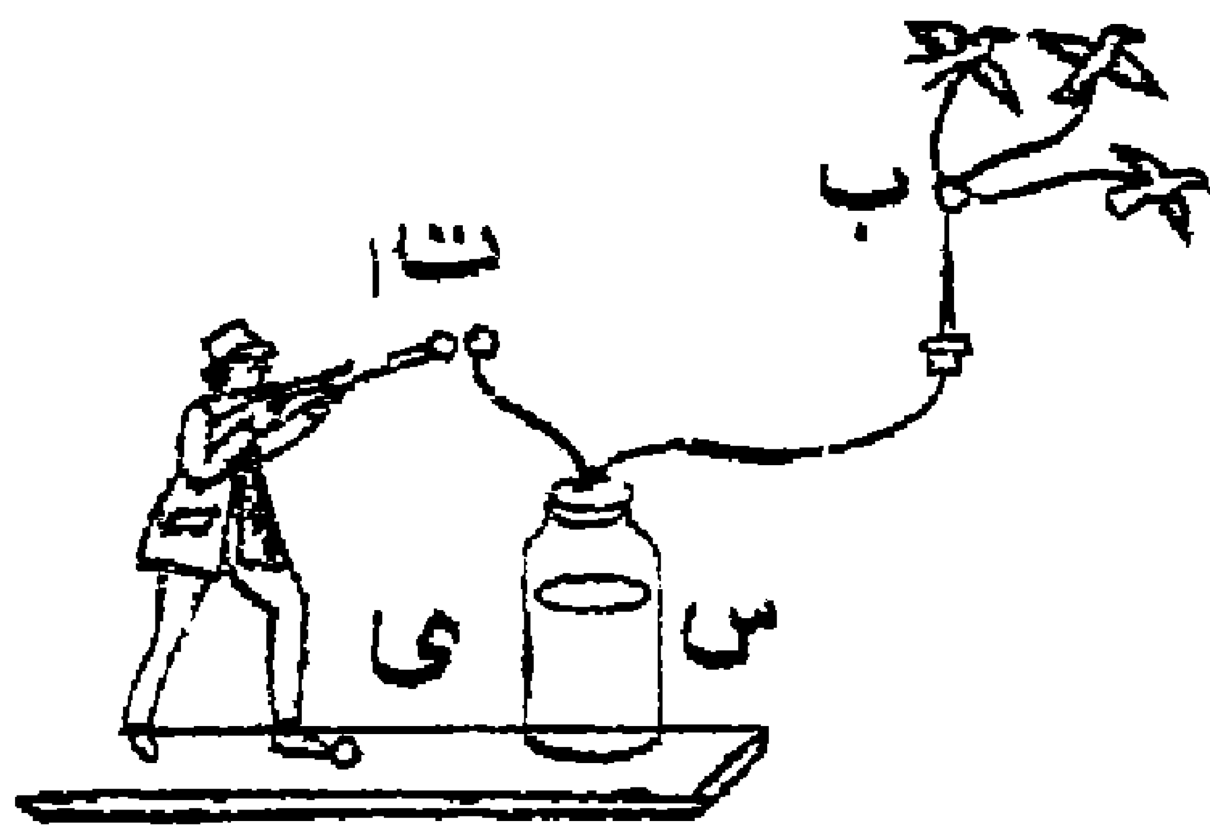
الشكل ٣٥٠

الاعظم من الآلة الكهربائية ويوصل كساؤها القصديري الخارج بالارض بواسطة جسم موصل . فيجرى شرر من الموصل الاعظم الى بطانتها القصديرية . وتفرغ من الكهربائية بآلة يقال لها المُطلِق وهي شعبتان معدنيتان مدملكتا الراسين ولهما مقبض فاصل من الزجاج . فيوضع راس احداهما على تفاحة القنينة وراس الاخرى على كسائها الخارجي فيحدث من ذلك نور وصوت . وتنفصل اجزاء صغيرة من البطانة والكساء فتحترق وتلون النور وتزيده لمعاناً . ولولمس الانسان التفاحة بيده الواحدة والكساء بيده الاخرى والقنينة ملآنة لشعر بهزة عنيفة ربما تفضي عليه(١)

ويتضح الامتلاء والتفريغ من الشكل ٣٥١ فاذا ملئت س كهربائية

(١) تنسب هذه القنينة الى مدرسة ليدن الجامعة في هولاندا لان الاستاذ موشنبروك اكتشفها هناك سنة ١٧٤٦ وذلك انه اراد ان يكهرب الماء في قنينة فادخل في سدادها شريطة معدنية تصل الى الماء وقربها الى الموصل الاعظم بيده الواحدة ثم بدا له ان يرفع السداد فمسك الشريطة بيده الاخرى والحال شعر بهزة عنيفة في ذراعيه وصدره كادت تفضي عليه وابقته يومين عليلاً . وبعد قليل كتب الى صديقه ريومير الفرنساوى رسالة يقول فيها اني لن اعيد ذلك ولو يعطونني فرنسا كلها

تكهربت العصافير المعلقة فتدافعت وتطايرت . ثم اذا مست السلسلة ى رجل التمثال



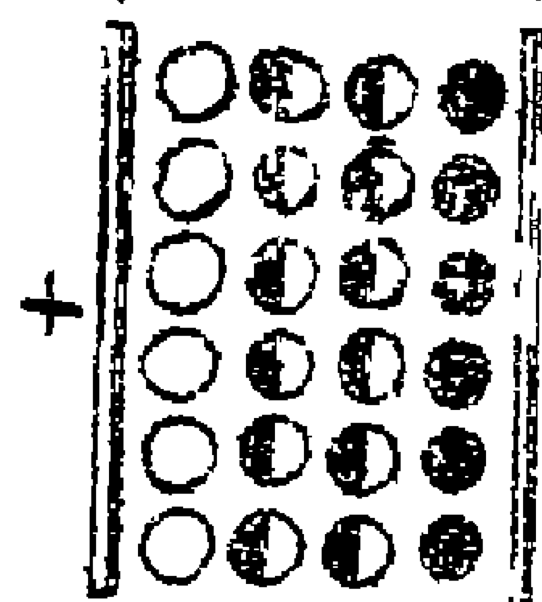
الشكل ٢٥١

المعد فى الحامل البندقية ا الماسة ت تتفرغ القنينة بصوت كطلقة البارودة فتسقط العصافير لتفرغ كهربائيتها ويظهر كأن التمثال قد رماها بالبارودة فاصابها

(٣٠٤) ايضاح القنينة الليدنية ❖ قد تقدم ان لفظة الامتلاء تستعمل فى الكهربائية مجازا لا حقيقة ولذلك يكون امتلاء القنينة الليدنية من الكهربائية مغايرا لامتلاء الجرة من الماء فان اللوح الزجاجى يمكن ان يمتلئ كهربائية كما تمتلئ القنينة الليدنية اذ ليس قصد بامتلائها . فالاعتماد فى هذا الامتلاء على وجود سطحين موصلين للكهربائية يفصل بينهما جسم غير موصل لها ككساء القصدير وبطانته وزجاج القنينة الليدنية بينهما . والدليل على كون القصدير لا يفيد الا الايصال فى القنينة الليدنية ونحوها هو انه اذا صنع للقنينة كساء وبطانة يركبان عليها وينزعان عنها عند الاقتضاء فمتى ملئت كهربائية ونزعا عنها لا ينفلت من الزجاج ولا من واحد منهما وحده ولا من اثنين معًا من هذه الثلاثة الا قليل جدًا من الكهربائية . ثم اذا ركبا عليها واطلقت الكهربائية بالمطلق ظهرت بقدر ما تظهر لو كانا لا ينزعان عنها

وينفهم امتلاء القنينة من الشكل ٢٥٢ وهو صورة قطعة صغيرة من جانب من جوانب القنينة مكبرة ا بطانتها و ٢ كساؤها والكريّات التى بينهما الدقائق المتألف الزجاج منها تعتدل دخول الكهربائية الايجابية من الموصل

الاعظم الى داخل القنينة توزعها البطانة على القنينة فتستقطب دقائق الزجاج وتمتلى دقائق الكساء الخارجي كهربائية ايجابية بالحل. ثم ان البطانة التى تكهربت بكهربائية الموصل الاعظم الايجابية ترد اليه من كهربائيتها السلبية قدرما نالته من كهربائيته الايجابية. والكساء الذى تكهرب سلبيا يفلت من كهربائيته الايجابية قدرما نال من السلبية ولذلك



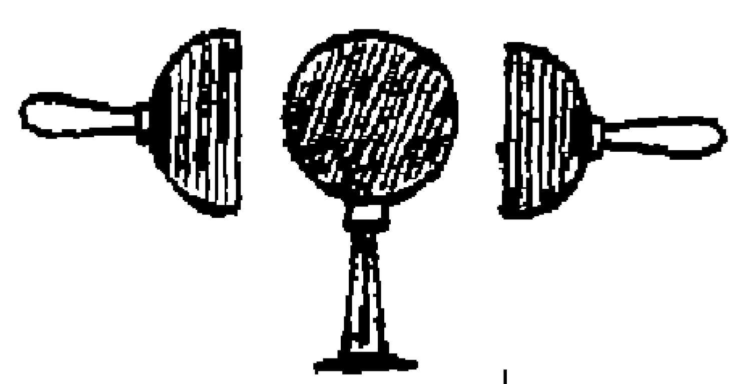
الشكل ٢٥٢

اذا انفصل ولم يتصل بموصل ما يفلت كهربائيته الايجابية اليه ينقطع دخول التيار الكهربائى الى القنينة. ولما كان الكساء والبطانة يفلتان قدرما ينالان من الكهربائية فسواء امتلأت القنينة اولم تمتلئ يكون مقدار الكهربائية فيها واحدا وانما الفرق فى الحالين انها متى امتلأت تتوزع الكهربائية فيها خلاف توزعها متى فرغت. ولاجل ايضاحها بعبارة ابسط واسهل نقول

انه فى القنينة الليدنية بالوصل بين الآلة الكهربائية وبطانة القنينة تجتمع كمية وافرة على البطانة من الكهربائية الايجابية عند تشغيل الآلة فتجتذب تلك الكمية كمية وافرة بقدرها من السلبية من الارض الى الكساء الخارج بواسطة سلسلة معدن اوموصل آخر بينهما وتدفع عنه الايجابية الى نحو الارض اذ تكون صفيحة زجاج فاصلة بين الكمية الايجابية على البطانة والسلبية على الكساء فلا يتأتى تفرغهما. واذا ابطلت الآلة ورفع الموصلان المذكوران الى المائدة مفصولة تكون قد وضعت عليها القنينة تحفظ الكميتان المفصولتان مدة. واذا وصل بينهما عند الارادة بالمطلق يحصل التفريغ. ثم لان الكميتين المجتمعتين بين الزجاج وكل من البطانتين تزدادان الى حد ما ولا تتجاوزانه وان بقيت الآلة تشتغل يقال مجازا حينئذ ان القنينة قد امتلأت ويقال للكميتين المجتمعتين الامتلاء الكهربائى للقنينة. واذا وصل الكساء بالآلة وبطانة القنينة بالارض ينعكس العمل وتجتمع الكهربائية الايجابية على الكساء والسلبية على البطانة

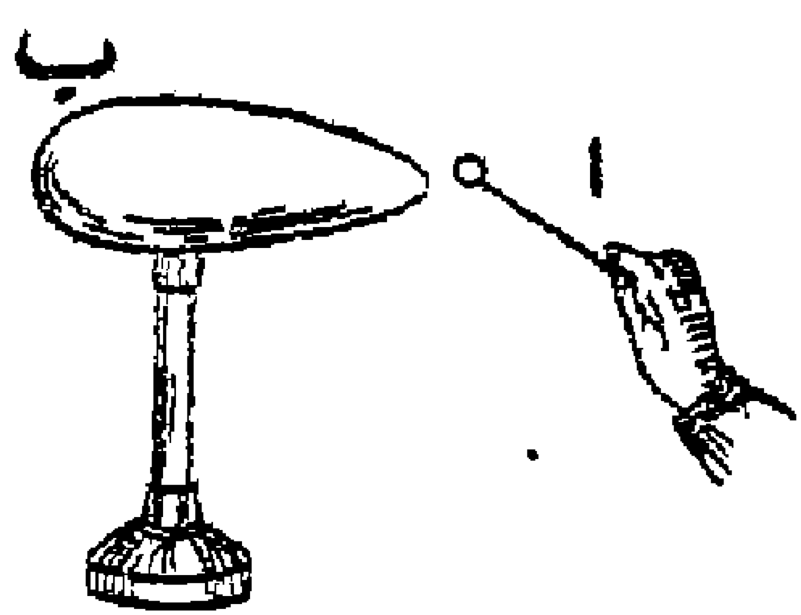
(٣٣١) البطارية الليدنية. كلما اتسع سطحا الكساء والبطانة زاد امتلاء القنينة قوة. واتساع سطحيهما اما ان يكون بتكبير القنينة او بتكثير عدد القناني الصغيرة ووصل سطوحها معًا بموصلات. ويقال لهذه القناني البطارية الليدنية وكيفية وصل بطاناتها ان يمد شريط موصل من تفاحة الى اخرى من تفاحاتها ووصل كساءاتها ان توقف كلها على سطح واحد معدني. فتملأ وتفرغ كالقنينة الواحدة

(٣٣٢) تجمع الكهربائية على الاجسام. اذا تكهرب الجسم تجمعت الكهربائية على سطحه وغلفت كل ظاهره غلافًا رقيقًا يفلت كلما سنحت له الفرصة


الشكل ٢٥٣

ولبيان ذلك طرق شتى منها عملية بيو وهي ان تركز كرة من النحاس على فاصل من الزجاج ثم انه يطبق عليها نصفا كرة مجوفان من النحاس لكل منهما مقبض فاصل من الزجاج وتقرب الى جسم مكهرب حتى تمتلئ من كهربائيته وينزع النصفان عنها حالاً بعد امتلائها ويقربان الى الالكتروسكوب فيجد بان كرة السيسبان تقربين لحانها في الالكتروسكوب الرقاص ويبعدان ورقتي الذهب احداهما عن الاخرى في الكتروسكوب ورق الذهب. واما الكرة النحاسية نفسها فلا تفعل شيئًا مما تقدم وذلك يدل على ان الكهربائية تجمعت على سطح نصفي الكرة. وسببه ان دقائق الكرة النحاسية توصل كهربائيتها بسهولة الى كل الجهات فلا تتجمع الكهربائية فيها. واما دقائق النصفين اللذين عليها فلا تفلت الكهربائية منها الا بصعوبة لانها محاطة بدقائق الهواء ودقائق الهواء غير موصلة فتتجمع الكهربائية عليها

(٣٣٣) شكل الجسم وتوزع الكهربائية عليه. اذا كان الجسم كرويًا توزعت الكهربائية على كل سطحه بالسواء واما اذا كان مستطيلاً مرءَّسًا فتتجمع بالاكثر على راسه وتطلب الافلات عنه من هناك

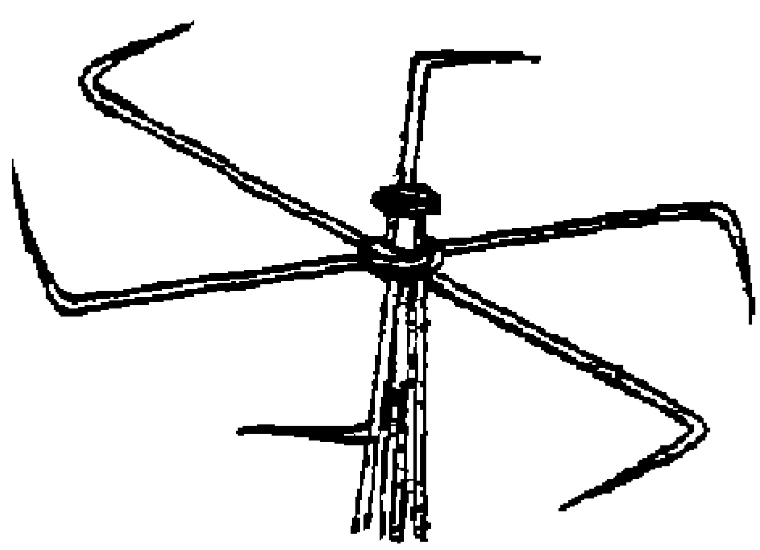


ولبيان ذلك خذ سطح البيان وهو قضيب من اللك على راسه قرص رقيق مستدير من المعدن ومسّ به جسماً كرويًّا مكهربًا في أقسام متعددة منهُ وكلما مسست قسمًا به قرّبه الى الالكتروسكوب الرقاص فتجد ان مقدار جذبهِ للب السيسبان واحد دائمًا وذلك يدلّ على ان الكهربائية متوزعةٌ بالسواء

الشكل ٢٥٤

على كل قسم من الجسم الكروي — ثم قرّب سطح البيان ا (الشكل ٢٥٤) من جسم مرأس مكهرب كالجسم النحاسي ب الموضوع على قائمة فاصلة من الزجاج فتجد ان الكهربائية المنقولة عن بعض اقسامهِ اشدُّ جذبًا ودفعًا للب السيسبان من المنقولة عن بعض آخر. وان المنقولة عن راسهِ اشدُّ فعلاً من الجميع وما ذلك الّا لان الكهربائية تطلب الرؤُوس وتتجمع عليها

وعلى ذلك قرّب شريطة دقيقة الراس الى الموصل الاعظم من ذات القرص فيجتذب راسها كل كهربائيتهِ فتظهر عليهِ لامعة كالكوكب ١٠ ورَكِّز هذه الشريطة على الموصل الاعظم فتفرغ كهربائيتهُ كنذرة من النور بسرعة عظيمة حتى انه اذا قرّب لب السيسبان الى الموصل الاعظم لم يظهر كهربائية فيه.



الشكل ٢٥٥

ثم قرب خدّ اليد من راس الشريطة فتشعر ان مجرًى من الهواء يجري منها او ضع مصباحًا في ذلك المجرى فينحرف لهيبهُ. وذلك لان راس الشريطة يحلُّ كهربائية دقائق الهواء فيجتذب بها كما يجتذب الزجاج المكهرب لبَّ السيسبان ثم يدفعهُ عنهُ فتجري في مجرًى يدوم ما دام الراس مكهربًا. وعلى ذلك صُنع الدولاب الكهربائي (الشكل ٢٥٥) وهو مؤلف من عدة اذرع مرأسة تتوضع على محور قائم على الموصل الاعظم. فمتى تكهربت رؤُوسها تكهرب الهواء فتجتذبه ثم تدفعهُ وتنال من ردّ الفعل فتدور على مبدإ مطحنة باركر (عد ١٥٠)

كهربائية الجلد

(٤٣٤) اذا كان حك الحالة على قرص صغير من الزجاج يهيج كهربائية هذا مقدارها فلا عجب ان يكون الهواء مكهربا على الدوام الا نادراً لما يحدث في الطبيعة من حك الرياح بعضها لبعض ولوجه الارض وما عليه وحك الغيوم للهواء ولبعضها لبعض وتأثير الحرارة في تحويل الماء الى بخار والبخار الى ماء وتأثير التغيرات الكيماوية بين تركيب وتحليل وحل كهربائية الارض السلبية لكهربائية الهواء وما اشبه ذلك مما يبطل الموازنة بين نوعي الكهربائية. وتكون كهربائية الجلد هذه ايجابية في الصحو وتتغير سريعاً من الايجابية الى السلبية وبالعكس في النوء والاضطراب

قال لفنستون السائح الافريقي ان الريح الحارة التي تهب على الصحراء في جنوبي افريقية تتكهرب تكهرباً شديداً حتى اذا هبت على ريش النعام برهة يسيرة كهربته كما تكهربه الآلة الكهربائية فيلصق باليد عند تقريبه اليها ويفقع فقعاً لطيفاً

(٤٣٥) البرق والرعد — لا فرق بين البرق والشرارة التي تتطاير من تفاحة القنينة الليدنية عند اطلاق الكهربائية منها الا بكونه اعظم منها مقداراً واشد قوة (١)

(١) اول من اثبت ان البرق من جنس كهربائية الفرك العلامة فرنكلن وذلك انه صنع طيارة من الحرير وغرز في اعلاها شريطة معدنية دقيقة الراس وطيرها بخيط من القنب في المطر والبرق والرعد. وعلق مفتاحاً بطرف الخيط وربطه بعروة من الحرير في عود من الخشب ليفصله. فلما ابتل الخيط قرّب سلامى اصبعه من المفتاح فطارت شرارة منه اليها. قيل انه فرح فرحاً عظيماً حتى لم يتمالك نفسه عن البكاء. ثم جعل يملأ القنينة الليدنية ويجرب التجارب الكهربائية على ما تقدم حتى اكتشف ان ماهية البرق وكهربائية القنينة الليدنية واحدة. وكانت تجاربه هذه محفوفة بالاخطار فلما حذا حذوه الاستاذ رتشمن بعد ببضع سنين طارت اليه كرة نار زرقاء من الغمام مقدار قبضة الانسان فقتلته من ساعتها

ويحدث البرق من تقارب غيمتين مختلفتين في الكهربائية حتى يصير ميل كهربائية الواحدة للاقتران بكهربائية الاخرى اشد من قوة الهواء على فصلهما فتنجه كل على الاخرى بنور باهر وصوت شديد . فالنور هو البرق والصوت هو الرعد ـــ ويظهر البرق في السماء على اشكال شتى . تارة يعترض يميناً وشمالاً في نواحي السحاب راسماً خطًّا طويلاً متعرّجاً كخط الشرارة التي تطير عن الموصل الاعظم وسبب تعرّجه ان الكهربائية المتفرّغة من السحاب تضغط الهواء امامها فيقاومها حينئذٍ عن السير فتطلب طريقاً آخر مقاومة هوائه لها اقلّ من مقاومة ذلك وتارةً يكلل حروف السحاب او ينتشر على عرضه فيقال له الصفيحي . وذلك لانه اما ان يكون بعيداً افتراه من خلال السحاب واما ان يكون من اضطراب الكهربائية على سحابة غير جيدة للايصال . وتارةً يظهر منعكساً عن السماء من برق بعيد فيقال له الخلّب او برق الجوّ . وتارة ينزل على شكل كرات من النار تنفجر بعد سقوطها فتتفقع بشدّة ويقال له الكرويّ

واما الرعد فيحدث من تصادم دقائق الهواء الذي تطرده كهربائية البرق امامها وامّا دويّه فيحدث من انعكاسه عن الغيوم البعيدة والجبال والتلال والاودية ونحوها

(٤٣٨) الصاعقة وقضيبها — قد تمتلئ السُّحب بكهربائيةٍ والارض بأُخرى ويفصل بينهما الهواء كما يفصل الزجاج في قنينة ليدن بين بطانة القصدير وكسائه . فمتى قاربت السحب سطح الارض تنقضّ الشرارة الكهربائية منها غالباً فتنزل صاعقة تهلك ما تصيبه من الحيوان والنبات

واما قضيب الصاعقة فمعروف وقد اخترعه فرنكلن للوقاية من الصواعق بناءً على ان الكهربائية تطلب احسن الموصلات . ويجب ان يكون جرمه كافياً فان كان من حديد فلا يكون اقل من نصف عقدة وان كان من نحاس فلا اقلّ

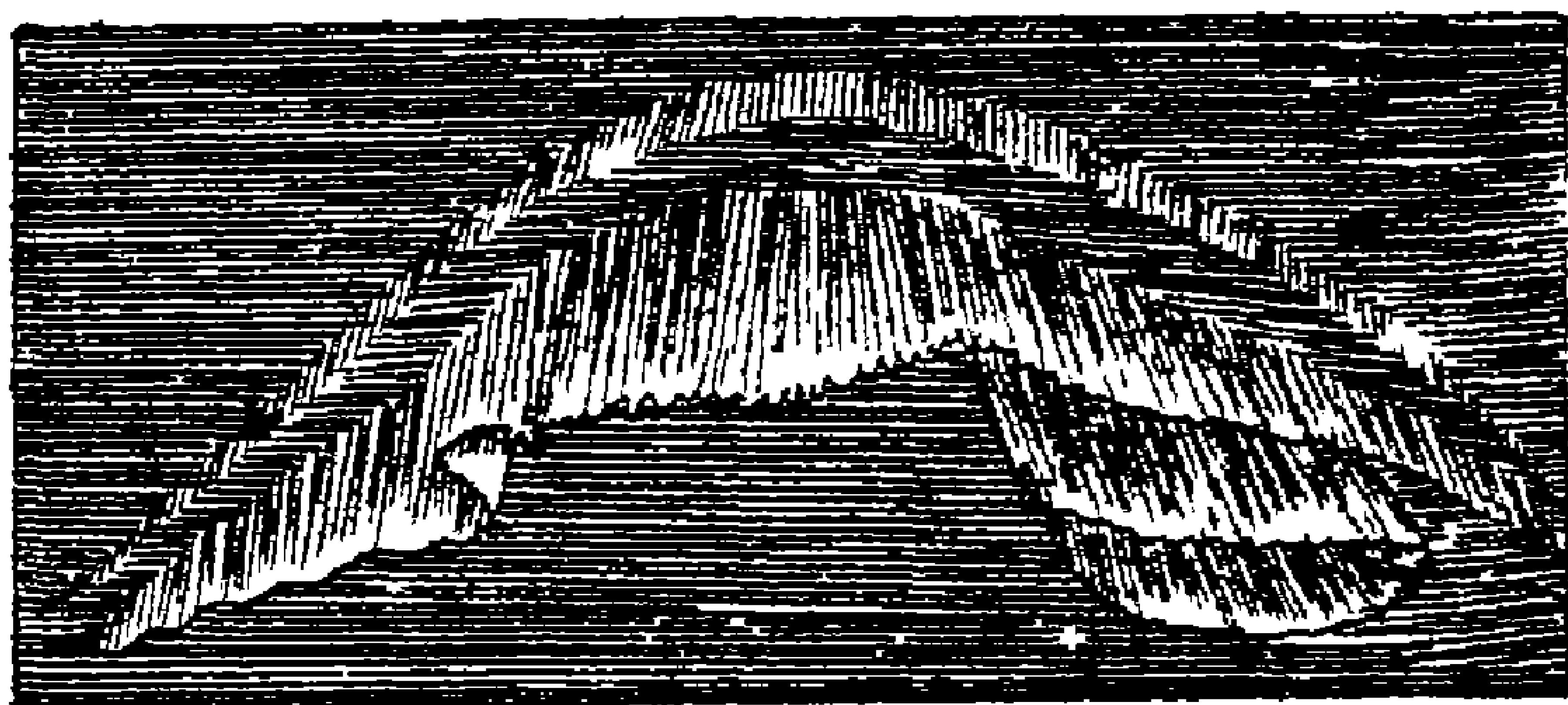
من ثلث عقدة ۔ وان يكون دقيق الراس لتستحضره الكهربائية على غيره لانها تطلب الرؤس كما مرّ (عدد ٣٣٣) وان يكون متصلاً اتصالاً تاماً حتى تمرّ الكهربائية عليه كانه جزءٌ واحد لا اجزاءٌ متعددة . وان يُصنع راسه من معدن لا يصدأ ولا يتحاتُّ بسهولة ولذلك يغشّى راسه بالذهب او يصنع من الفضة الصلبة او البلاتين وان يمتدّ طرفه فى الارض الى حوضٍ من الماء او الى تربة رطبة لا تجفّ لئلاّ تصير فاصلة فتبقى الكهربائية عليه وتنتقل منه الى الاجسام الموصلة التى تقرب اليه فتحدث من الاذى به كما تحدث بدونه ۔ وان يكون اعلى كثيراً من الدار التى ينصب عليها لانه كلما علا ازدادت وقايته اتساعاً ۔ ويجب ان يكون على كل بناء قضيب للصاعقة او اكثر حسب اتساع ذلك البناء وان توصل المداخن التى يخرج الدخان والبخار منها بارض رطبة او بقضيب الصاعقة نفسه لان الكهربائية تطلبها على الخصوص لسبب ما يخرج منها . وان تتصل ميازيب الماء المعدنية وسطوح التوتيا ونحوها بارض رطبة او بالقضيب لشدّة تعرّضها للصواعق ۔ والغرض من قضيب الصاعقة ردّ موازنة الكهربائية فى السحاب والارض على طريق سالمة من الاخطار ۔ وكلما زادت قضبان الصواعق عدداً قلّ تفرّغ الكهربائية فجأةً وندر انقضاض الصواعق

واذا لم يكن للبيت قضيب فاسلم لصاحبه ان يكون فى وسط الغرفة بعيداً عن الموصلات من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او يضطجع من ان يكون واقفاً ۔ وان كان الانسان فى الفلاء فليحذر الوقوف بلصق الاشجار العالية كما يحذر الابتعاد عنها كثيراً ۔ لان الكهربائية تفضّل الاشجار على غيرها فان كان الانسان يلصقها انتقلت منها اليه فقتلته واما ان كان بعيداً عنها بعداً معتدلاً فتقيه كما يقيه قضيب الصاعقة — ومهما يكن من فتك الصاعقة فان البارى دبّر لمخلوقاته تدابير شتّى للوقاية منها ۔ فكل ورقة من اوراق العشب الدقيقة الراس تفرّغ من كهربائية الجلد الكثر من ثلاثة اضعاف ما تفرّغه ادق الابر

وبلى خرعوب دقيق الراس يفرّغ منها اكثرمما يفرّغ رأس احسن قضبان الصواعق. وكل نقطة من المطر وكل رقعة من الثلج تنزل الى الارض محمّلةً كهربائية تستلبها من الجلد والسحاب. هذا وقد تظهر لهب نارية على رؤُس السواري واسنّة الرماح وآذان الخيل ونحوها وما هي الا كهربائية تفلت من الارض افلاتًا لطيفًا هادئًا

(٣٧٧) الشفق القطبي — الشفق القطبي ضوءٌ يظهر في جلد القطبين ولا سيما الشمالي منهما ويبتدئ ظهورهُ عند اخر النهار خفيًّا في الافق في جهة الهاجرة المغنطيسية (عد ٣١٠) ثم يتغير تدريجًا حتى يصير قوسًا مصفرة الضوءِ مقعرها نحو الارض وهذه اذا تكاملت تنتصب فوق بقعة سمراءَ من السماءِ على زاوية قائمة على الهاجرة المغنطيسية وتطلع منها شعاع نيرة تتجه نحو السمت المغنطيسي وقد تنثني كما ترى (الشكل ٢٥٦) ويتغيّر لونها من الاصفر الى الاخضر الحاني ومنه الى البهي الارجواني

اما تعاليل الشفق القطبي فكثيرة والمرجح انه يحدث من جري الكهربائية في اعالي الجو حيث الهواء لطيف. ويؤيّد ذلك ما بين الشفق القطبي والمغنطيسية من العلاقة. فانه اذا ظهر الشفق باهي الضياءِ اضطربت الابر المغنطيسية واهتزّت باهتزاز اشعتهِ ذهابًا وايابًا وتأثّرت اسلاك التلغراف ايضًا كأنّ



الشكل ٢٥٦

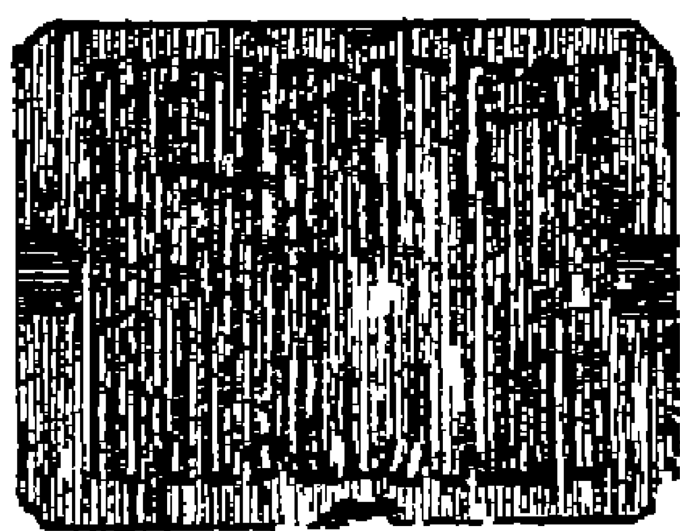
الكهربائية جارية عليها من بطارية وقد يتعاظم تأثرها بالشفق القطبي في البلاد الشمالية حتى ينعذر استعمالها — والمظنون ان كهربائية الجلد الايجابية تقرب الى كهربائية الارض السلبية عند القطبين فتنفرغان تفرغًا لطيفًا يظهر منه الشفق القطبي. واما النواحي الاستوائية فلشدة كهربائيتها تنفرغ عليها الصواعق بدلًا من الشفق — ويظهر ما يشبه الشفق القطبي بتفريغ الهواء من انبوبة وادخال الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم اليها فيتنور متلونًا بالوان الشفق القطبي حسب فراغ الانبوبة

(٤٣٨) انابيب كيسلر وشلال كسيوت — اما انابيب كيسلر فهي انابيب تملأ غازات متلطفة وتسد بصهر فوهتها ثم يجري فيها مجرى كهربائي فيضيء فيها بلون باهٍ وضوء باهر. واما شلال كسيوت فكوبة من الزجاج مبطنة من داخلها بورق القصدير. توضع على صفيحة مفرغة الهواء تحت قابلة في اعلاها قضيب يصعد وينزل. ثم يفرغ الهواء من القابلة وينزل القضيب حتى يمس الكوبة ويؤتى بآلة كهربائية ذات موصلين فيوصل احدهما بالقضيب والآخر بصفيحة المفرغة فتجري الكهربائية على جوانب الكوبة بتموجات خفيفة ولون ازرق لطيف —

(٤٣٩) سرعة الكهربائية — قدّروا امدّة وميض البرقة جزءًا من الف الف جزء من الثانية. ومما يقرّب لنا ادراك ذلك انه اذا دار دولاب حتى نعد نرى سواعده في النهار من السرعة واضاءت عليه شرارة من القنينة الليدنية رأينا سواعده جليًّا. واذا ابرق البرق على شجر تلوحه العواصف ظهر الشجر ساكنًا لانه لا يتحرك حركة يشعر بها في اثناء ظهور البرق وخفائه. واذا ابرق على قنبلة مدفع منطلقة في الجو ظهرت كانها مركوزة فيه غير متحركة للسبب المتقدم ذكره. وقد قدروا سرعة الكهربائية على شريط من النحاس ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية —

(٤٠٤) تأثير كهربائية الاحتكاك — تأثير كهربائية الاحتكاك في الاجسام على ثلاثة انواع طبيعيّ وكيميّ وفسيولوجيّ.

(٤١٤) التأثير الطبيعي — هذا اما ان يكون بإنارة الاجسام فيجعلها تضيءُ او باحمائها او بمغنطتها او بتكسيرها وتمزيقها وما شاكل. ولذلك اما ان يكون نوراً او حرارة او مغنطيسية او عملاً ميكانيكياً كما يتضح من الامثلة الآتية. ليقف شخص على كرسي مفصول حتى يمتلئ كهربائيةً من الموصل الاعظم فيتكهرب شعرهُ ويتلألأ فيقف منتصباً. ثم اذا قرّب يدهُ الى ملعقة فيها من الايثير طارت منها شرارة فتشتعل الايثير واذا كان في يده قطعة من الجليد طارت الشرارة حالاً منها الى الايثير واشعلته — واذا أُلصقت قطع من ورق القصدير بوجه لوح من الزجاج على اشكال مختلفة وصور متعددة وقرّب اللوح من الموصل الاعظم تقفز الشرارة الكهربائية من قطعة الى أُخرى من ورق القصدير فتبهج الناظرين (الشكل ٢٥٧). واذا كسيت القنينة الليدنية وبطنت ببرادة



الشكل ٢٥٧

صعدنية او برقع من ورق القصدير ولوي قضيب نفاحتها حتى تمس التفاحة الكساء الخارجي ثم نقلت اليها الكهربائية من الموصل الاعظم انتقلت الشرارة على كسائها الخارجي انتقالاً سريعاً بديعاً

هذا ما يدلُّ على ان الكهربائية تؤثر نوراً في الاجسام ومما يدل على انها تؤثر فيها حرارة انه اذا أفرغت بطارية ليدنية (عد ٣١٤) قوية على شريطة معدنية ادقَّ من ان توصل شرارتها تحوّل حرارة وربما صهرت الشريطة او حوّلتها بخاراً. واما اذا زادت الشريطة ثخناً عن تلك فتحمى حتى تحمرّ واذا زادت ثخناً عن هذه تحمى فقط ولا تحمرُّ

ومما يدل على ان الكهربائية تؤثر المغنطيسية في الاجسام انه اذا لُفّت شريطة من النحاس حول قضيب من الفولاذ ووُصل طرفها الواحد بكساء

القنینة اللیدنیة وطرفها الآخر ببطانتها فعند ما تمرّ الشرارة الکهربائیة فیها یتمغنط قضیب الفولاذ فیجتذب برادة الحدید کالمغنطیس. او اذا وضعت ابرة من الفولاذ فی انبوبة صغیرة من الزجاج ولُفّ شریط النحاس علی الانبوبة فعند مرور الشرارة الکهربائیة فی الشریط تتمغنط الابرة فتجتذب برادة الحدید

ومما یدلّ علی ان الکهربائیة تفعل بالاجسام فعلاً میکانیکیًّا کالثقب والکسر وما اشبه انه اذا وضعت ورقة او کرتونة بین تفاحة القنینة اللیدنیة وبین احد رأسی المطلق فعند اطلاق الکهربائیة منها تنفذ شرارتها الورقة فتثقبها. وبمثل هذا التدبیر تشقّق الشرارة الخشب وتکسّر الزجاج وتفتّت الحصی.

ولما کانت القوة الکهربائیة قابلة التحوّل الی امواج نور وامواج حرارة کما تقدم فلا یبعد انها ضرب من الحرکة کما انهما ضربان من الحرکة. ولما کانت الصاعقة کهربائیة فی کل اوصافها فهی تؤثر فی الاجسام کل ما مرّ وما سیأتی من التاثیرات ولکن بقوة اشدّ واعظم.

(۴۲۴) التاثیر الکیمیّ — تاثیر الکهربائیة الکیمیّ هو حلها الاجسام الی العناصر التی ترکبت تلک الاجسام منها او ترکیبها العناصر لتحصل الاجسام منها. فاذا اُمزج عنصران معًا کالهیدروجین والاکسجین واطلقت شرارة کهربائیة فیهما اتحدا معًا بفرقعة عظیمة فیحدث الماء من اتحادهما. واذا اصابت الصاعقة مکانًا او انتقلت کهربائیة الموصل من رأس الی رأس وافلتت الی الهواء فاحت منها رائحة کبریتیة تحدث من تولّد الاوزون وهو علی ما یُظنّ نوع من الاکسجین (۴۲۳) التأثیر الفسیولوجی

تاثیر الکهربائیة الفسیولوجی هو تاثیرها فی الاجسام الحیة او التی ماتت منذ عهد قریب اما تاثیرها فی الاجسام الحیة فهو قبض العضلات وشیء کالخدر فی المفصل. وکلما قویت امتدّ تاثیرها علی الجسم واشتدّ المها حتی ربما قتلت من تؤثّر فیه. وینصل تاثیرها الی جماعة من الناس معًا اذا تماسکوا بالایادی فتنتقل من الواحد الی الآخر. کذا اهتزّ بها

نولاه فرقة من العسكر عددها ٥٠٠ عسكرى — واما تاثيرها فى الاجسام الميتة فانها تشنج عضلاتها تشنجا عظيما حتى تظهر كانها تتحرك حية

الفصل الثالث

فى الكهربائية الكلفانية

(٣٣٤) الكهربائية الكلفانية او الفلتائية تحصل بالفعل الكيمى[1] كما تحصل كهربائية الاحتكاك بالاحتكاك. وتنسب الى كلفانى او فلتا فيلسوفين ايطاليين لانهما اول من اكتشفها كما سترى

(٣٣٥) اكتشاف كلفانى — كان العلامة كلفانى استاذ التشريح فى مدرسة بولونيا بايطاليا يجرب تجارب فى ارجل الضفادع ليعرف تاثير كهربائية الهواء فى الحيوانات سنة ١٧٨٦ فاتفق انه علق عددا منها بصنانير من النحاس فى درابزون مشتى بيته فرآها تتشنج كانها حية اذ احركتها الريح فمست حديد الدرابزون. فكرر التجارب وذهب الى ان تشنجها يحدث من كهربائية حيوانية فيها وان هذه الكهربائية تختلف عن كهربائية الاحتكاك وزعم انها العامل الذى تحكم به الارادة على الاعضاء

وتكرر تجربة كلفانى كما يأتى. تقطع الضفدع من فقراتها القطنية فوق فخذيها بنحو قيراط وتكشف اعصابها القطنية التى هناك ثم يكشط جلدها

(١) اذا امعن الطالب نظره فى ما قيل فى تعريف الفلسفة الطبيعية فى مقدمة هذا الكتاب علم ان الكهربائية الكلفانية تربط الفلسفة الطبيعية بالكيمياء لان سببها كيمى ونتائجها كيماوية وفلسفية —

عن ساقيها ويؤتى بشريطتين احداهما من النحاس

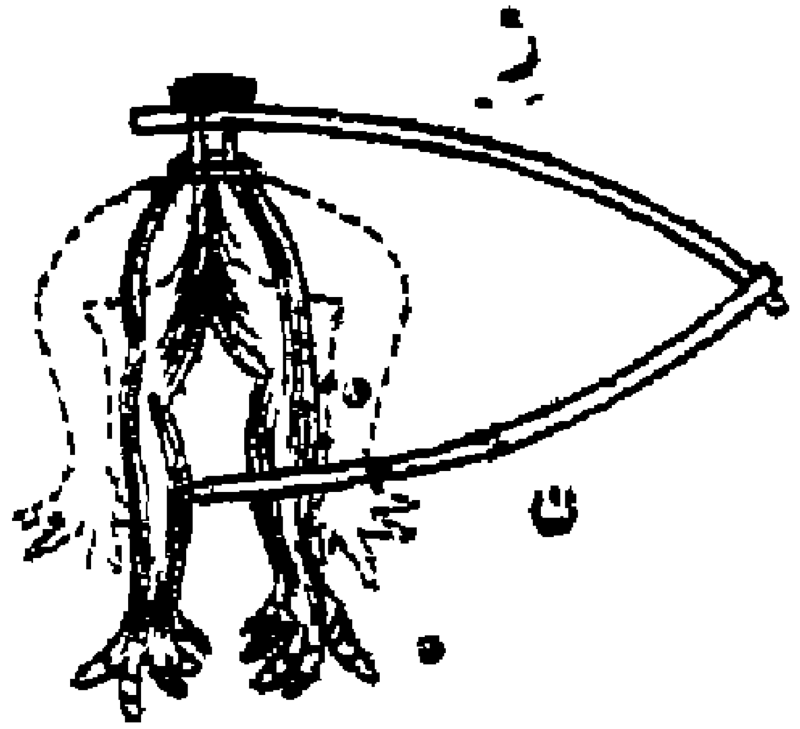
ن (الشكل ٢٥٨) والاخرى من التوتيا ز فيوضع

طرف احداهما على الاعصاب وطرف الاخرى على

عضلات الساق ويوصل الطرفان الآخران

احدهما بالآخر فتنشنج الساقان تشنجا شديدا

وتتحركان كأن الضفدع حية



الشكل ٢٥٨

(٤٣٣) اكتشاف فلتا — ثم ان فلتا انكر

الكهربائية الحيوانية التي زعم كلفاني انه

اكتشفها ولم يزل يبحث عنها ٧ سنة متوالية حتى وجد ان الضفدع

ليست معدن الكهربائية وانما هي موصل رطب وليست اصلح للايصال من

خرقة مبلّلة - وعلى ذلك اخترع ما يُسمّى رصيف فلتا (الشكل ٢٥٩) وهو

صفائح من النحاس والتوتيات مرصوف بعضها فوق

بعض بحيث تلي صفيحة من التوتيا صفيحة من النحاس

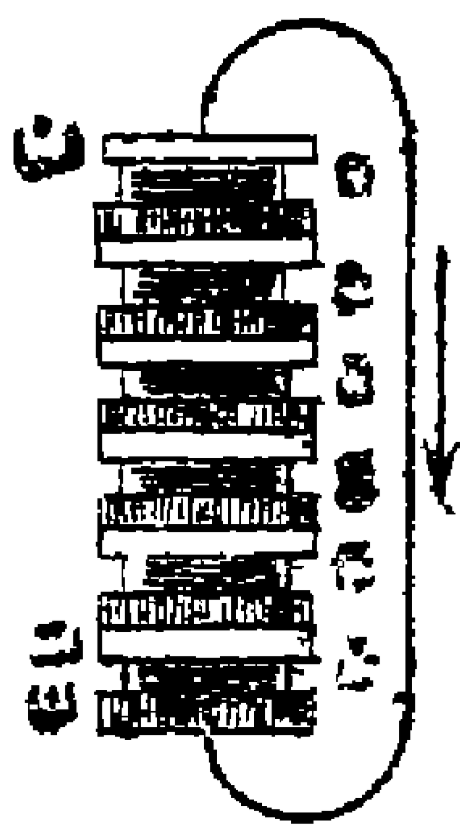
حتى يصير طول الرصيف قدمًا ويُفصل بين كل صفيحتين

منها بقطعة من الجوخ مبللة بحامض او بماء ملح - ثم

اذا بلّ الانسان يديه ولمس باصبع يده الواحدة

الصفيحة السفلى من الرصيف وباصبع يده الاخرى

الصفيحة الاخرى شعر بهزّة كهزة القنينة الليدنية



الشكل ٢٥٩

وعلى هذا المبدأ تتهيج الكهربائية اذا وُضعت قطعة من الفضة

بين الاسنان والشفة العليا وقطعة من التوتيا تحت اللسان فحالما

تمسّ الفضة التوتيا يشعر الانسان بطعم خصوصي ويرى شرارة تمر من امام

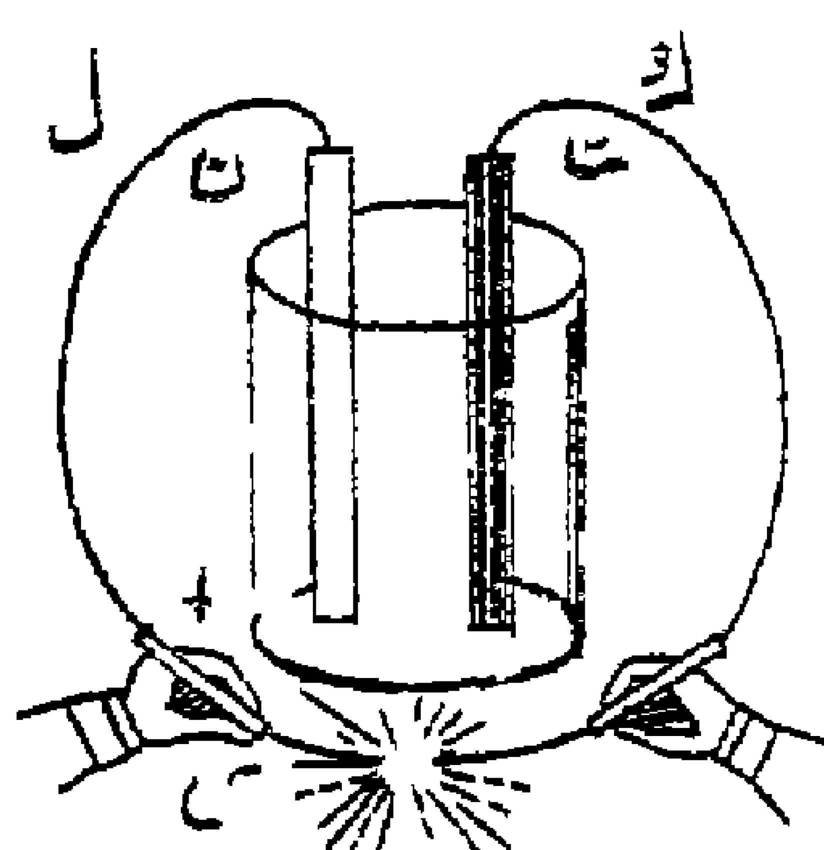
عينيه عند انغماضهما - هذا وكان فلتا يزعم ان الكهربائية تحصل من تماسّ

معدنين مختلفين - ثم بطل زعمه وصار المعوّل الآن على ان الكهربائية

تحصل من فعل كيمي بين المعدنين كما سترى -

(٧٣٣) الدائرة الكلفانية البسيطة الدائرة الكلفانية تتالف من معدنين مهيجين للكهربائية موضوعين بحيث تجرى الكهربائية الايجابية والسلبية منها فى جهتين متقابلتين

ولبيان ذلك . ضع صفيحة رقيقة من التوتيا فى كأس من الزجاج ملآنة ماء محمضًا جيدًا بالحامض الكبريتيك (زيت الزاج) فيبتدئ الفعل الكيمي حالًا فيولد فقاقيع صغيرة من غاز الهيدروجين تتجمع على صفيحة التوتيا وتذوب الصفيحة بسرعة. ثم ارفع الصفيحة من الكاس واغمسها فى الزئبق فيصير سطحها لامعًا



الشكل ٢٦٠

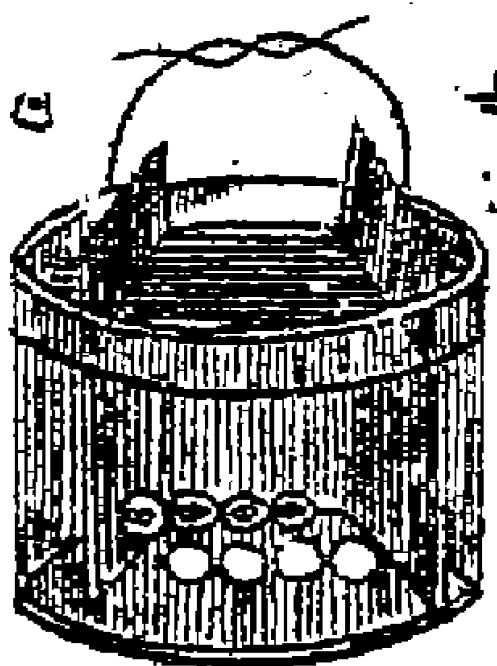
كالمرآة ويقال انها تملغمت . وأعدها بعد ذلك الى الكاس فلا يذوب شئ منها فى مائه المحمض وما ذلك الا ان نها قد تغيرت طبعًا لسبب غير معروف . غير انه وان كان سبب تغيرها فى تملغمها غير معروف فهى لا تستعمل فى البطاريات الكلفانية الا ملغمة جيدًا اما كيفية استعمالها فى البطاريات فهى ان تغمس مع صفيحة اخرى مثلها من النحاس فى الماء المحمض فما دامتا منفصلتين لا يظهر لاحدها تاثير فى الاخرى ولكنهما حالما تتماسان او تتصلان باسلاك معدنية كما ترى فى الشكل ٢٧٠ يبتدئ الفعل الكيمي فتتولد فقاقيع الهيدروجين المار ذكرها وتتجمع على النحاس لا على التوتيا كما مر . ويبقى النحاس على حاله واما التوتيا فتذوب كما كانت تذوب قبل تملغمها . ولا يزال هذا الفعل الكيمي جاريًا حتى ينفصل احد السلكين عن الآخر فينقطع وتظهر شرارة صغيرة فى الظلام فبهذا الفعل الكيمي تتهيج الكهربائية والمظنون ان الايجابية تجرى من التوتيا فى الماء المحمض الى النحاس ثم تجرى على النحاس وعلى السلك المتصل به حتى تبلغ طرفه مع ما ملئه الطرف القطب الايجابي . والسلبية تجرى

من النحاس فى الماء المحمّض الى التوتيا وتجرى من التوتيا على السلك المتصل به حتى تبلغ طرفه فيقال لهذا الطرف القطب السلبي. ولذلك يكون قطب النحاس ايجابيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من النحاس فى الماء المحمّض سلبية ويكون قطب التوتيا سلبيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من التوتيا فى الماء المحمض ايجابية. فكهربائية كل قطب تخالف كهربائية المعدن المتصل به وتلتقي الكهربائيتان عندهما. وكثيرًا ما يلبّس القطبان بلاتينًا ليقيهما من السوائل التى يغمسان فيها فلا تأكلهما ولا تذيبهما. ويقال لاتصال القطبين وصل الدائرة ولفصلها فصل الدائرة. ويقال لكل صفيحتين من المعدن متصلتين على ما تقدّم فى الدائرة الكلفانية زوجًا قلتائيًّا ويشترط فيهما ان تكون كهربائية احدهما ايجابية وكهربائية الأُخرى سلبية وان تغمسا فى سائل يؤثر فى واحدة منهما فقط ولا يؤثر فى الاخرى او يؤثر فى الواحدة اكثر مما يؤثر فى الاخرى والّا فلا تُهيج الكهربائية فيهما. لانهٔ بتاثير السائل فى الواحدة تفقد الموازنة بين نوعي كهربائيتها فيفلت احدهما جاريًا الى الصفيحة الاخرى. ولذلك اذا تأثرت كل منهما بالسواء افنت الكهربائية التى تفلت من الواحدة الكهربائية التى تفلت من الاخرى فلا تجرى فى مجرى. ويقال للصفيحة التى تذوب فى الحامض فتفلت كهربائيتها الصفيحة الايجابية وللاخرى السلبية.

(٨٣٤) تعليل التغيير الكيمي — يعلّل التغيير الكيمي الذى يطرأ على الزوج القلتائي تعليلًا بسيطًا هكذا: كل دقيقة من الماء المحمّض مركّبة من جوهر من الاكسجين وجوهرين من الهيدروجين. فالاكسجين يتحد بالتوتيا ويكوّن اكسيد التوتيا. وهذا الاكسيد يتحد بالحامض الكبريتيك المحمض به الماء فيتكوّن من اتحادهما كبريتات التوتيا التى تذوب فى الماء واما الهيدروجين فيبقى مستقلًا بنفسه فيصعد الى سطح السائل ويفلت من هناك

اما سبب افلات الهيدروجين من النحاس فيتضح انضاحًا بسيطًا مما يأتى:

لنفرض ان دقائق الماء تمتدُّ مصفوفة من صفيحة التوتيا الى صفيحة النحاس (الشكل ٢٦١) فلا يخفى ان كل دقيقة منها مؤلفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين[1] فالتوتيا كهربائيتها ايجابية والاكسجين كهربائيته سلبية ولذلك تجتذب التوتيا الاكسجين اليها وتدفع الهيدروجين لان كهربائيته ايجابية. فيندفع جوهر الهيدروجين الى دقيقة الماء التي تليه ويطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها. ثم ان الهيدروجين المطرود ينقضُّ على دقيقة الماء التي تليه فيطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها وكذلك يتحد هذا الهيدروجين المطرود باكسجين الدقيقة الموالية له وهلمَّ جرًّا حتى يبقى هيدروجين الدقيقة الاخيرة بلا اكسجين يتحد به فيجذبه النحاس السلبي الكهربائية فيعطيه الهيدروجين كهربائيته الايجابية و يطير الى الهواء. فكلما طار جوهر من الهيدروجين يتناول النحاس كهربائيته ويزيد المجرى الكهربائي قوةً—



الشكل ٢٦١

(٩٤٤) المجرى الغلتائي — ان لفظة "مجرى" كثيرة الورود في المباحث الكهربائية ولا تستعمل حقيقةً بل مجازًا لان المراد بها ليس المجرى المعهود كجرى الماء في النهر الذي فيه تنتقل كل دقيقة من منشأ النهر الى مصبه بل انتقال القوة الكهربائية فقط على دقائق الجسم. وبين ذلك المجرى وهذا الانتقال فرق ظاهر فانَّا اذا ملأنا انبوبة طويلة ماءً ثم ادخلنا نقطة اخرى من الماء اليها فعند حلولها فيها تخرج نقطة بقدرها من طرف الانبوبة الآخر ولكن ليس لانها هي عينها تدخل من طرف الانبوبة الواحد وتخرج من طرفها الآخر بل لان القوة انتقلت منها على كل دقائق الماء حتى اخرجت النقطة الاخيرة. هكذا اجرى القوة الكهربائية

(١) لم يرسم الا جوهر واحد لكل منهما في الشكل لزيادة التسهيل

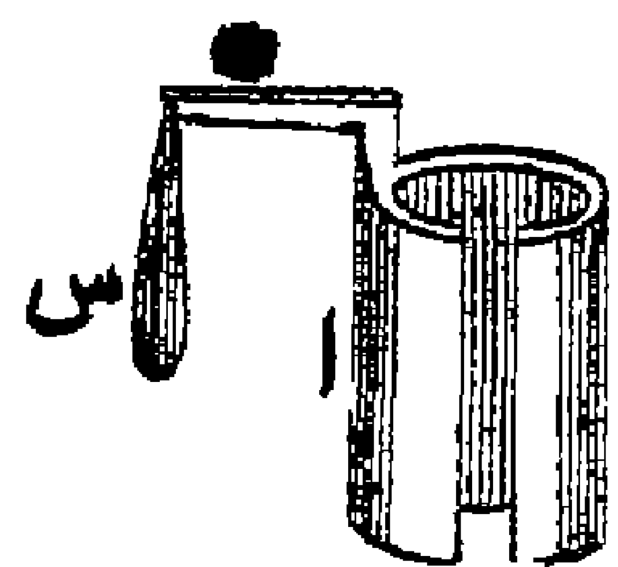
هذا وقد تقدم ان الكهربائية الايجابية تجرى فى كل زوج كلفانى من التوتيا فى السائل الى النحاس ومن النحاس على السلك ثم اذا اتصلت الدائرة ترجع الكهربائية الى التوتيا واذا انفصلت الدائرة تظهر عند قطب النحاس - وكذلك السلبية تجرى من النحاس وترجع اليه فى انصال الدائرة وتظهر عند قطب التوتيا فى انفصال الدائرة - ولذلك يكون فى كل دائرة كلفانية مجريان كهربائيان ايجابى وسلبى - ولدفع الالتباس تطلق لفظة المجرى على الايجابى فقط فكلما ذكرت كان المراد بها الكهربائية الايجابية - واما السلبية فيسكت عنها

واعلم انه عند ما ينتقل المجرى على الاجسام الموصلة كالاسلاك والقضبان المعدنية فسواء كان مصدره كهربائية الاحتكاك او الكهربائية الكلفانية ينتقل على كل دقيقة من دقائق الموصل لا على ظاهره فقط - وذلك ان كل دقيقة تستقطب وتمتلئ كهربائية ثم تفرغ كهربائيتها الى الدقيقة التى تليها وهكذا حتى يجرى المجرى على طول الموصل باستقطاب دقائقه وتفريغها للكهربائية - ولما كانت سرعة المجرى عظيمة جداً كانت سرعة استقطاب دقائق الموصلات وتفريغها للكهربائية مما يكاد لا يدرك

(۵۰م) البطارية — البطارية ازواج كلفانية مجموعة على شكل انها تزيد المجرى الكهربائى قوة ودواماً - وهى على اشكال شتى بعضها فى ما يأتى

(۵۱م) بطارية سمِّي — هذه مؤلفة من عدة كؤوس من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفّف فيغمس فى كلٍّ منها صفيحتان من التوتيا بينهما صفيحة من الفضة والصفائح الثلاث مضمومة ومشدودة معاً بلولب - الا ان فقاقيع غاز الهيدروجين الذى يتولد فى اثناء الفعل الكيمى تتجمع على وجه صفيحة الفضة الاملس فتعيق المجرى الكهربائى وتضعفه ولذلك تخشّن صفيحة الفضة ببلاتين مقسّم اقساماً دقيقة -

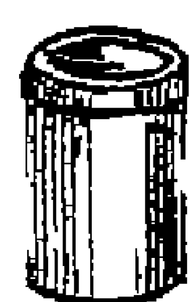
واعلم ان كل ما يستعمل فيه سائل واحد من البطاريات يضعف تيار الكهربائية فيه من تجمع الهيدروجين على المعدن الذى يوضع مع التوتيا. ولذلك قللوا استعمال هذه البطاريات وجعلوا غالب استعمالهم لبطاريات ذات سائلين



(٣٥٢) بطارية كروف وفعلها الكيمى — هذه البطارية من ذوات السائلين وهى مؤلفة من قنينة من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف. واسطوانة توتيا ا (الشكل ٢٦٢) موضوعة فى الحامض الكبريتيك

الشكل ٢٦٢

ولها شق على جانبها ليدخل الحامض منه اليها. وكأس فخار ذى مسام مملوءة حامضاً نتريكاً موضوعة فى اسطوانة التوتيا. وورقة رفيعة من البلاتين مغموسة فى الحامض النتريك الذى فى كأس الفخار



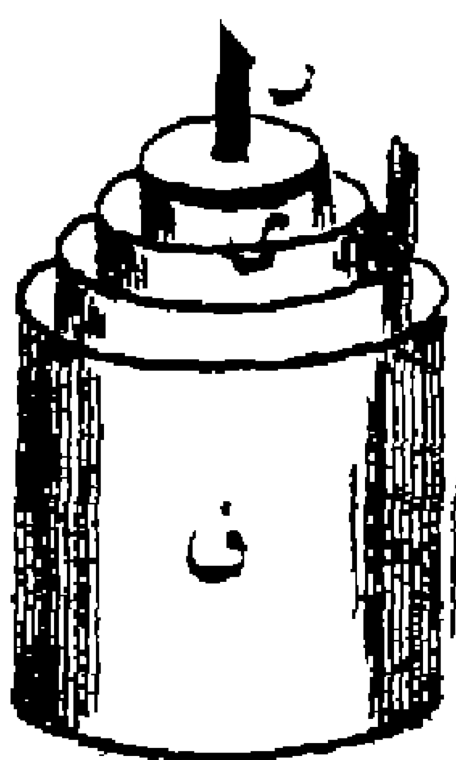
اما الفعل الكيمى الذى يحدث فى بطارية كروف فهو هذا:

يحل ماء الحامض الكبريتيك الذى فى القنينة الخارجية الى عنصريه الاكسجين والهيدروجين. اما الاكسجين فيتحد بالتوتيا والحامض الكبريتيك ويكون معهما كبريتات التوتيا واما الهيدروجين فلا يفلت كما يفلت من بطارية سمي بل ينفذ الى باطن كأس الفخار ويتحد بالحامض النتريك الذى فيه فيكون ماء واكسيد النتريك. فيمتص الماء اكسيد النتريك اولاً ثم ياخذه لان الاكسيد يفلت من الماء دخاناً احمر كالدم. واذا كانت التوتيا مملغمة جيداً فما دام القطبان منفصلين لم يحدث فعل كيمى بل كمنت الكهربائية. البطارية كما يكون الاسلاك الخ حتى يتصل القطبان فيأخذ السائل فى الجيشان وتاخذ القوة الكهربائية فى الوثوب من قطب الى آخر.

(٣٥٣) مزايا بطارية كروف — من مزايا بطارية كروف اولاً ان الهيدروجين لا يجتمع على الصفيحة السلبية (البلاتين) لان الحامض النتريك يمتصه. وثانياً ان السائل الذى يتكون فى كاس الفخار الداخلية موصل جيد

للكهربائية . وثالثاً البلاتين اصلح للسلبية من النحاس لان الحامض لا يؤثر فيه قدر ما يؤثر في النحاس فلا يجري منه مجرى كهربائي يضاد المجرى الجاري من التوتيا ولذلك يكون البلاتين والتوتيا زوجاً قلنا ثنياً اصلح من زوج النحاس والتوتيا لتهييج الكهربائية . ورابعاً ان انحلال الحامض النتريك الذي في كاس الفخار بالهيدروجين كما تقدم يهيج مقداراً وافراً من الكهربائية علاوة على ما يهيجه الزوج الغلفاني

(٣٥٤) بطارية بنسن بطارية بنسن كبطارية سمي وانما تختلف عنها بان فيها قضيباً من الفحم المحضر بدلاً من ورقة البلاتين في كاس الفخار . ولما كان هذا الفحم موصلاً جيداً للكهربائية كان يقوم مقام البلاتين في كهربائية كروف حال كونه ارخص منه كثيراً . ترى صورة هذه البطارية (الشكل ٢٦٣) ق وعاء الزجاج فيه اسطوانة التوتيا وي كاس الفخار ذات المسام فيها قضيب الفحم مغموس في الحامض النتريك



الشكل ٢٦٣

(٣٥٥) بطارية دانيال الدائمة هذه مؤلفة من اسطوانة من النحاس في جوفها مذوّب كبريتات النحاس (الشب الازرق) وكاس فخار ذات مسام فيها حامض كبريتيك مخفف وقضيب من التوتيا

(٣٥٦) كمية الكهربائية وشدتها - قد تكون كمية الكهربائية في البطارية عظيمة وشدتها قليلة وقد تكون شدتها عظيمة وكميتها قليلة . والفرق بين الكمية والشدة ان الكمية ينظر فيها الى المقدار واما الشدة فالى الفعل . مثاله ان كاس الماء الغالي اشد حرارة من دست الماء الفاتر ولكن كمية الحرارة التي في الدست اعظم من كمية الحرارة التي في الكاس - اما شدة كهربائية البطارية فتتوقف على عدد الكؤوس المستعملة فيها واما كميتها فعلى حجم تلك الكؤوس فاذا اردنا ان نزيد كهربائية البطارية شدة وصلنا صفيحة التوتيا التي في الكاس

الواحدة بصفيحة النحاس التى فى الكاس الأخرى وهلمّ جرًّا. واذا اردنا ان نزيدها كمية وصلنا صفائح التوتيا فى كل الكؤس معًا وصفائح النحاس معًا. وتفضّل الكهربائية الشديدة على العظيمة الكمية اذا اقتضى ان تجرى على جسم يقاوم جريها ويفلت جانبًا منها. والاجسام التى تقاوم مجرى الكهربائية هى التى لا توصلها جيدًا. فكلما زاد الجسم جودة فى الايصال قلّت مقاومته للكهربائية كالفضة والنحاس والذهب. وكلما قلّ جودة فى الايصال زادت مقاومته لها كالزئبق والرصاص والحديد والبلاتين والسائلات

(٣٥٧) مقابلة كهربائية الاحتكاك بالكهربائية الكلفانية

كهربائية الاحتكاك تنتج من احتكاك الاجسام والكهربائية الكلفانية من الفعل الكيمي وهما واحد فى الماهية ولكنهما يختلفان فى بعض الامور كما سترى

فكهربائية الاحتكاك ضخّابة فجائية منقطعة والكهربائية الكلفانية ساكتة قوية مستمرة. كهربائية الاحتكاك كاللطمة السريعة العنيفة والكلفانية كالضغط المستمر الدائم على حال واحدة. كهربائية الاحتكاك تمتاز بالشدة والكلفانية بالكمية. كهربائية الاحتكاك كالبرق تقفز من جهة الى اخرى ولو توسط الهواء بينهما مسافة اميال كثيرة والكلفانية تدور حول الارض على الموصل ولا تقفز فتتجاوز نصف قيراط من الهواء. اقوى آلات كهربائية الاحتكاك لا يكفى لنقل رسالة واحدة برقية والكلفانية تنقل رسائل من جانب من الاوقيانوس متجهة فى بطاريات صغيرة لا تزيد عن رقعة من التوتيا ودمعة من الماء فى كبسولة البارودة. كهربائية الاحتكاك لا تحلّ قمحة من الماء ولو أُطلقت فيها القنينة الليدنية ستة آلاف طلقة (وذلك يملأ غيمة رعدية مساحتها خمسة وثلاثون فدانًا) وبضع كؤس من الكلفانية تحل ذلك الماء على غاية من السهولة. هذا وقد غمس فارادى زوجًا قلتانيًّا

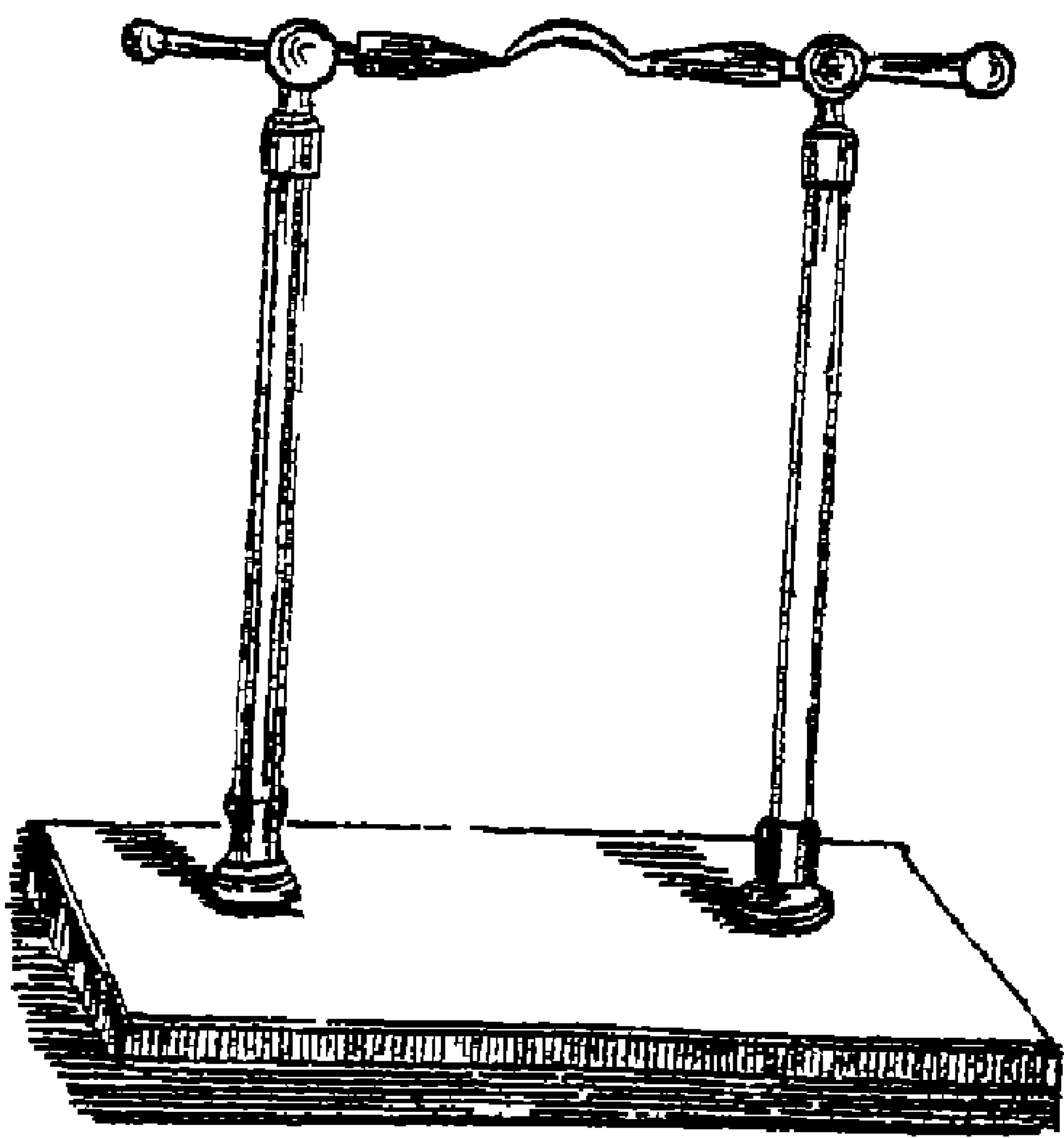
من البلاتين والتوتيا فى مدوّب نقطة من زيت الزاج فى ٢٣ درهما من الماء فهيج فى ثلاث ثوانٍ كهربائية حرفت ابرة الكلفانومتر الذى سيذكر (عد ٦٧ م) بقدر ما تحرفها كهربائية ثلاثين دورة من دورات القرص فى آلة قوية . ولو جمعت كهربائية الثلاثين دورة هذه فى جزء من مليون جزء من الثانية (وهي مدة الشرارة الكهربائية) لقتلت الهرّ من شدّتها ومع ذلك فيقتضي ثماني مائة الف طلقة من هذه الطلقات لحل قمحة من الماء فقط .

(٥٨ م) تاثير الكهربائية الكلفانية — تاثيرها اما طبيعي او كيميّ او فسيولوجيّ كما سيتضح بالتفصيل

(٥٩ م) تاثيرها الطبيعي — تاثيرها الطبيعي اولاً الحرارة . فاذا مرَّ مجرى من الكهربائية على شريطة ادقّ من ان توصله تحوّل عليها الى حرارة . وكلما قلّت قوّة الشريطة على الايصال(١) فزادت مقاومتها له اسرع تحوّل الكهربائية عليها الى حرارة . وعليه اذا وُصل شريط دقيق من الفولاذ طوله عدة قراريط بعشر كؤوس او باثني عشرة كاساً من كؤوس كروف تشتدُّ حرارة الكهربائية عليه حتى تصهره او تطيره دخاناً . واذا وصل شريط دقيق من البلاتين ببطارية قوية حمي جداً واضاء — وعلى ذلك يشعل اللغم والتوربيد فانهم يمدون شريطين من النحاس من البطارية على البارود او نحوه فى اللغم ويفصلون بين قطبيهما بشريطة صغيرة من الفولاذ فتحمى الشريطة عند وصل الدائرة من تحوّل الكهربائية عليها الى حرارة حتى تشتعل البارود وما ينوب منابه

(٦٠ م) وثانياً النور — فاذا فُصلت الدائرة الكلفانية او وُصلت حصل من ذلك شرارة كهربائية يتوقّف حجمها على شدّة المجرى الكهربائي . واذا استُعملت بطارية منحدة الكؤوس وثُبّت احد قطبيها بمبردٍ وحُكّ قطبها الآخر عليه

(١) قد عرف بالتجربة ان الموصل المعد فى تزييد مقاومته للكهربائية بقدر ما يزيد طوله ويقل ثخنه —

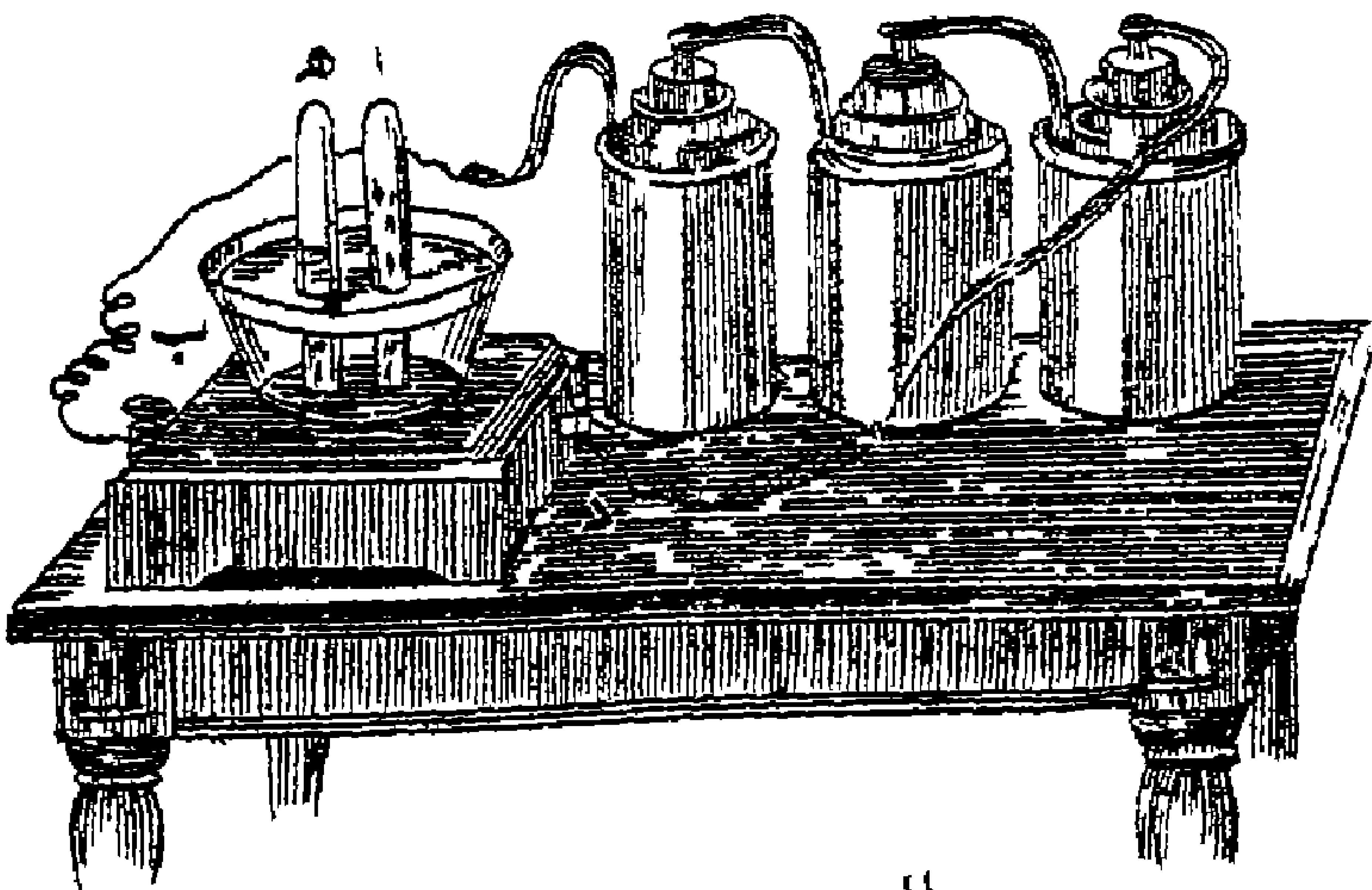

الشكل ٣٢٦

حصل نور باهي الالوان . واذا كانت البطارية قوية وجُعل لها قطبان من الفحم او من كربون الغاز ثم فصلا قليلا انتصبت بينهما قوس باهرة الضياء (الشكل ٣٢٦) وذلك ان النور ينبثق من القطب الايجابي كاللسان ويمتد الى القطب السلبي متنقلاً حوله فيلحس تارةً جانبهُ الواحد واخرى جانبهُ الآخر . وتكون حرارته شديدة جداً حتى انهُ اذا وضع البلاتين فيه ذاب كما تذوب الشمعة من حرّ اللهيب . واذا وُضِع غيرهُ من المعادن احترق واضاء بلونه المميزلهُ . واذا وضع الكلس والحجارة الصماء ونحوها صُهرت وسالت كالماء . وليست حرارته هذه حاصلةً من اشتعال الفحم باتحاده باكسجين الهواء لانها تبقى كما هي ولو فُرّغ الهواء من حوله . ولما كان النور الكهربائي يفوق سائر الاضواء التي يستعملها البشر لمعاناً كان تعميم استعماله عوضاً عنها من اعظم المنافع . وقد حاول اديصن الاميركاني تعميم استعماله منذ سنة ١٨٧٨ ولم يستتب لهُ ذلك تماماً الى الآن هذا ومما يستحق ذكرهُ ان اصل النور الكهربائي هو في البطارية حيث تحترق التوتيا باتحادها بالاكسجين ولكن لا يظهر نورٌ ولا حرارة من قوة احتراقها حتى تنتقل تلك القوة الى القطبين فتظهر نوراً كهربائياً وحرارةً . وذلك بمثابة نقل ضوء النار وحرارتها الى حيث يراد مع بقائها هي في المكان الذي أُضرمت فيه

(٣٦١) تأثيرها الكيمي — اولاً . حلّ الماء . اذا كان قطبا البطارية من البلاتين ووُضعا منفصلين قليلا في كأس من الماء انحلّ الماء وطفت فقاقيع صغيرة على وجهه . واذا كان قطبا البطارية من النحاس ووُضعا في الكأس

صعدت الفقاقيع من عند القطب السلبى فقط ولم تصعد من عند الايجابى .
وعند جمع الغازات من هذه الفقاقيع يوجد انها اكسجين وهيدروجين وان
جرم الهيدروجين مضاعف جرم الاكسجين

ولبيان ما تقدم ضع الماء محمضًا بقليل من حامض الكبريتيك فى
وعاء من الزجاج موضوع على قاعدة من الخشب كما ترى فى الشكل ٢٦٥ وأدخل



الشكل ٢٦٥

فى قعره قطبى البلاتين وصلها بواسطة شريط من النحاس باللولبين د و ب .
واقلب فوق كل منهما انبوبة من الزجاج مملوءة من الماء فيحل الماء عند تهيج
الكهربائية وتتجمع فقاقيع الاكسجين فى الانبوبة ا وفقاقيع الهيدروجين فى الانبوبة ه

ويذهبون فى تحليل ذلك كما ذهبوا فى تحليل التغيير الكيماوى (عد ٣٨٣)

ومن الغريب انه كلما احترق جوهر من التوتيا فى البطارية يتهيج من الكهربائية
ما يكفى لحل جوهر اكسجين من الماء عند القطب الايجابى . وذلك يدل على
وجود علاقة شديدة بين الالفة الكيماوية والكهربائية وربما دل
على ان الواحدة هى عين الأُخرى

(٣٨٢) ثانيًا حل الاجسام المركبة . والاجسام الايجابية الكهربائية
والسلبية الكهربائية — اوّل جسم انحل بالكهربائية على ما تقدم هو الماءُ
وذلك سنة .. ١٨ ثم انحلت اجسام متعددة كذلك وثبت انها مركبة من عنصرين

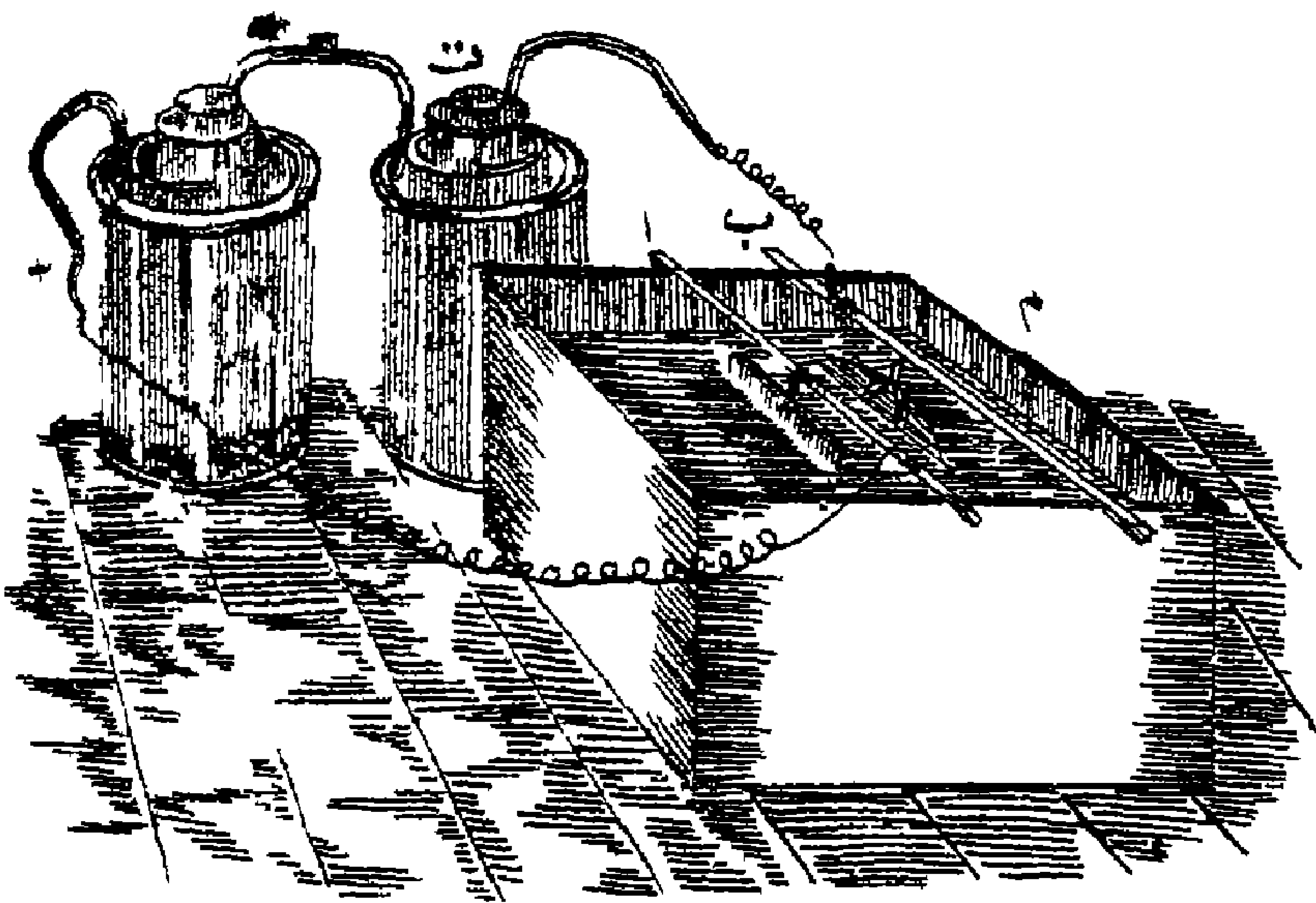
او اكثر بعد ما كانت تعدّ عناصر بسيطة. ومما يعتبر في هذا الحلّ ان بعض العناصر كالهيدروجين واكثر المعادن يذهب الى القطب الايجابي فيحسب سلبيّ الكهربائية (لان الكهربائية الايجابية تجذب السلبية) وبعضها كالاكسجين والكلور والكبريت يذهب الى القطب السلبيّ فيحسب ايجابيّ الكهربائية لما هو واضح

(۳۷۳) ثالثًا الافراغ بالكهربائية — هذا يسمّى عند الافرنج الالكتروتيب ويراد به الطريقة التي بها ترسب المعادن من مذوّباتها بواسطة الكهربائية لنقل صورة بارزة او محفورة على الخشب او لعمل حروف المطابع وما نشأ كل. ولا يخفى ان نقل الصور كنقل صورة تمثال مثلاً يتمّ في المعتاد بعمل قوالب مجوّفة كتلك الصورة وصهر الحديد ونحوه على النار وافراغه مصهورًا في تلك القوالب فيخرج بعد جموده كالتمثال المنقول. واما في الافراغ بالكهربائية فلا يلزم الّا القالب ثم تُفرغ الكهربائيةُ المعدن فيه بلا نار ولا صهر

اما القالب فيصحّ ان يكون شمعًا او كوتابرخا او غيرهما ويفضل الكوتابرخا على غيره ولا سيما اذا كان المراد نقله صغيرًا. والكوتابرخا صلب فينقع في الماء السخن ليلين ثم يوضع على الصورة المراد نقلها ويضغط عليها فان كانت الصورة من معدن كالنيشان مثلاً تنطبع عليه فينقل عنها بسهولة بعد ما يبرد. وان كانت الصورة من الجبسين لا ينفصل عنها الّا بصعوبة وربما تمزّق قبل فصله ولذلك تدهن بفرشاة بالرصاص الاسود قبل الطبع عليها فيسهل اقتلاع الكوتابرخا عنها

ويعد الفراغ من القالب على ما تقدّم تفرغ الكهربائيةُ المعدن فيه على ما يأتي: لنفرض انا اردنا افراغ النحاس فيه فنملأ حوضًا مثل الحوض م (الشكل ۲۷۷) من مذوّب كبريتات النحاس ونمدّ عليه قضيبين من النحاس ا وب من جانب الى جانب ونصل احدهما بالقطب السلبي والآخر بالقطب الايجابي من بطارية كروف او بطارية دانيال (هذه تفضّل لدوامها). ونعلّق القالب

بالقضيب ب وتعلق سبيكة من النحاس بالقضيب ا فتتمّ الدائرة وتحل الكهربائية كبريتات النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس . اما النحاس فيرسب عند القطب السلبي على القالب واما الحامض الكبريتيك فيذهب الى القطب الايجابي حيث سبيكة النحاس فيحلّ جزءًا منها ويتركّب معهُ فيصير كبريتات النحاس فيستعاض به عما انحلّ من كبريتات النحاس اولا . ولذلك يبقى كبريتات النحاس على حالةٍ واحدة من التركيز اي انه يبقى في المذوَّب على كمية واحدة .



الشكل ٢٦٦

وبعد ان يرسب على القالب ما يكفي من النحاس يرفع وينزع الكوتايرخا عنه واذا اريد نقل مثال ثانٍ عن مثال النحاس هذا يطلى قفاهُ بطلاءٍ من الغرنيش حتى لا يعود يوصل الكهربائية ويغمس في مذوَّب كبريتات النحاس فيرسب النحاس عليهِ حتى يصير سمكهُ قدر المطلوب ثم ينزع عنهُ هذا الراسب بسهولة فيكون مثله . كذا تنخس حروف المطابع واوراق الاشجار والحشرات والاثمار والازهار ايضًا . كل ذلك ولا احد يسمع للكهربائية صوتًا ولا يرى لها هيجانًا

(٣٤٦) ثالثًا التلبيس بالكهربائية . الفرق بين الافراغ والتلبيس انهُ في الافراغ ينقل عن القالب مثال لهُ وفي التلبيس يكسى القالب نفسه كساءً دائمًا لا ينزع عنهُ من الفضة او الذهب او النحاس والمعادن التي يسهل تلبيسها كثيرًا الفضة

الجرمانية والنحاس وفضة النكل وهى مزيج من النحاس والتوتيا والنكل تصنع منه احسن الآنية المليسة. ويقتضى للامتعة ان تعدّ على ثلاث طرق حتى تصير صالحة للتلبيس. فاولاً تحمى حتى يذوب عنها ما يلصق بها من المواد الدهنية وثانياً لمّا كان النحاس يلبّس اكثر من غيره وكان اجزاؤه على ما تقدم يكسوه كساء من اكسيد النحاس الاوّل فلذلك يغمس حامياً فى حامض نتريك مخفف جدًّا حتى يذوب الاكسيد عنه ثم يفرك بفرشاة قاسية ويغسل بالماء المقطَّر ويجفف بطمره فى دقيق نشارة الخشب محمًى قليلاً. وثالثاً يزال عن الامتعة كل ما يلوثها من الاقذار بغمسها فى الحامض النتريك ثم فى مزيج من الحامض النتريك والملح والكلس وغسلها جيدًا بالماء المقطَّر وتجفيفها فى دقيق النشارة كما سبق

وبعد ذلك تعلّق بالقطب السلبى من بطارية ذات ثلاث كؤوس او اربع وتغطس لتلبيسها الفضة فى مغطس حرارته ما بين ٧٠ و١٥ و١٨٠ ف حتى تلبّس قدر المطلوب. واما المغطس ففى تركيبه اختلاف كثير. والغالب فى الاستعمال ان يستحضر بتذويب جزئين من سيانيد الفضة وجزئين من سيانيد البوتاسيوم فى ٢٥٠ جزءًا من الماء وتعلّق سبيكة من الفضة بالقطب الايجابى وتغطس فى المغطس للتعويض عن الفضة التى ترسب من المغطس فى التلبيس فيبقى المغطس على قوة واحدة كما تقدم فى الافراغ (عد ٣٦٣)

والتلبيس بالذهب كالتلبيس بالفضة الا ان الذهب يستعمل فى المغطس عوضًا عن الفضة وكذلك السبيكة تكون من الذهب. ويصنع المغطس بتذويب سيانيد الذهب فى مذوَّب سيانيد البوتاسيوم بالماء

والتلبيس بالنحاس كالتلبيس بالذهب والفضة ولكن بابدال الذهب والفضة بالنحاس. ويصنع المغطس له بتذويب كبريتات النحاس فى الماء حتى يشبعه (اى حتى لا يعود يذوب فيه) ثم يصبّ فيه نحو نصفه من الماء مع شيء يسير من الحامض الكبريتيك. والغالب ان تلبّس به المعادن التى لا تلبس

الذهب جيدًا كالحديد والفولاذ والتوتيا والقصدير والرصاص والخشب و
ذلك بعد دهنها بسحوق الرصاص الاسود ليصح تلبيسها ذهبًا حينئذٍ

(٣٧٥) تاثيرها الفسيولوجيّ — اذا امسك الانسان بيديه قطبي بطارية ذات كاسٍ واحدة لم يشعر بتاثيرها واما اذا امسك بقطبي بطارية قوية فيشعر بالالم ولا سيّما اذا ابلّ كفيه بالماء الملح لزيادة الايصال فان تاثيرها قد يعظم . هذا وقد رُدّت الارانب بكهربائية البطارية الى الحياة بعد ان خُنِقت نصف ساعة من الزمان . واذا اجرى المجرى الكلفاني في جسد الميت شنّجه وحرّكه تحريكًا يرعب الناظر . واذا اجرى في دماغ الحي اثر فيه تاثيرًا غريبًا حتى صار ذلك يستخدم اليوم لكشف وظائف الدماغ

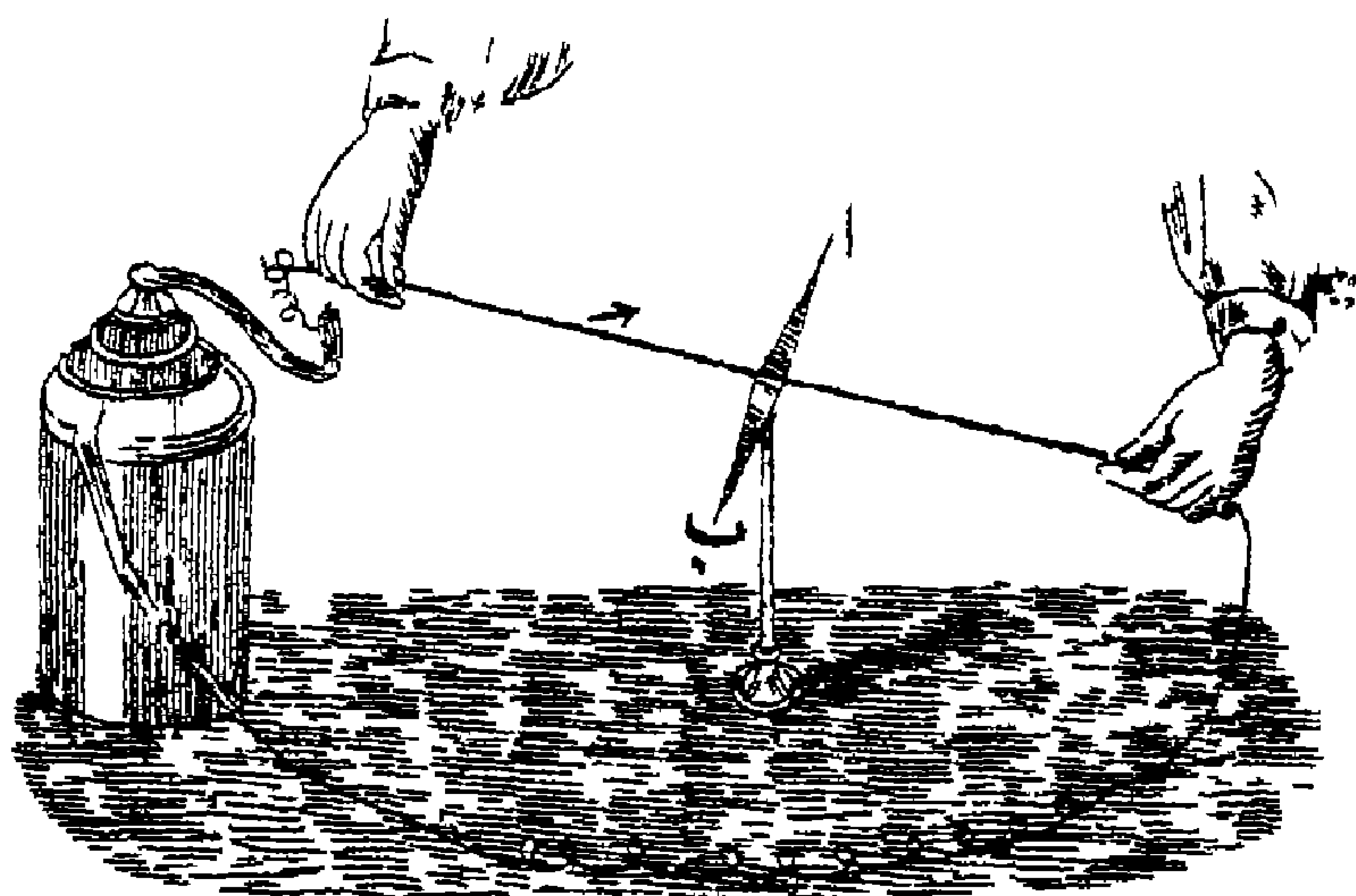
الفصل الرابع

في الكهربائية المغنطيسية

(٣٧٦) فعل المجرى في المغنطيس — الكهربائية المغنطيسية فن يبحث فيه عن الظواهر التي تظهر من المغنطيسية والكهربائية معًا . والذي ادّى الى وضعه اكتشاف العلّامة ارستد استاذ الطبيعيات في كوبنهاكن وهو انه اذا مرّ مجرى كهربائيّ فوق ابرة مغنطيسية او تحتها يحرفها عن وضعها الاصلي فتطلب ان تكون عمودية عليه

ولبيان ذلك خذ ابرة مغنطيسية متحركة وموضوعة في الهاجرة المغنطيسية كالابرة اب في الشكل ٢٦٧ ثم قرّب منها شريطًا تجري الكهرباية عليه فتنحرف الابرة عن وضعها الاصلي وتهتزّ ثم تهدأ على زاوية قائمة على الشريط تقريبًا .

ويقرب وضعها من الزاوية القائمة على الشريط كلما زاد المجرى الكهربائي قوة —
ثم اذا كان الشريط فوق الابرة وجرت الكهربائية عليه من الجنوب الى الشمال



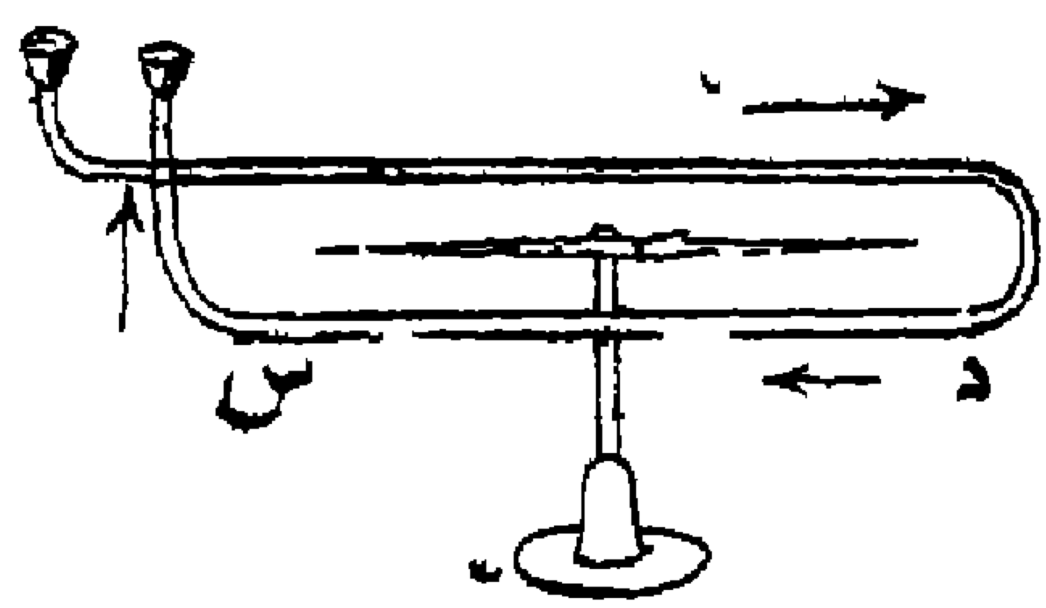
الشكل ٢٦٧

انحرف قطب الابرة الشمالي غربيًا . واذا جرت من الشمال الى الجنوب انحرف قطب الابرة الشمالي شرقًا . وبعكس ما تقدم ان كان الشريط تحت الابرة . وعليه وضع أمبير القاعدة الآتية لترسخ جهات الابرة في الذهن وهي : اذا توهم الناظر نفسه منطرحًا فوق الابرة او تحتها بحيث يكون وجهه متجهًا اليها في الحالين وقام مقام قطعة من الشريط ومرّ المجرى الكهربائي من رجليه وخرج من راسه انحرف القطب الشمالي من الابرة الى يساره دائمًا — وكما ان المجرى الكهربائي يحرف المغنطيس كذلك المغنطيس يحرف المجرى الكهربائي

(٣٧٤) الكلفانومتر — هو آلة تقاس بها قوة المجرى الكهربائي وجهته . وقد اخترعه شفيكر الجرماني بعد اكتشاف ارستد بزمان يسير على المبدإ الآتي

اذا لففنا الشريط فوق الابرة وتحتها من قطب الى قطب كما ترى في الشكل ٢٦٨ واجرينا المجرى الكهربائي فيه انحرف قطب الابرة الشمالي الى يسار الناظر كما في قاعدة امبير

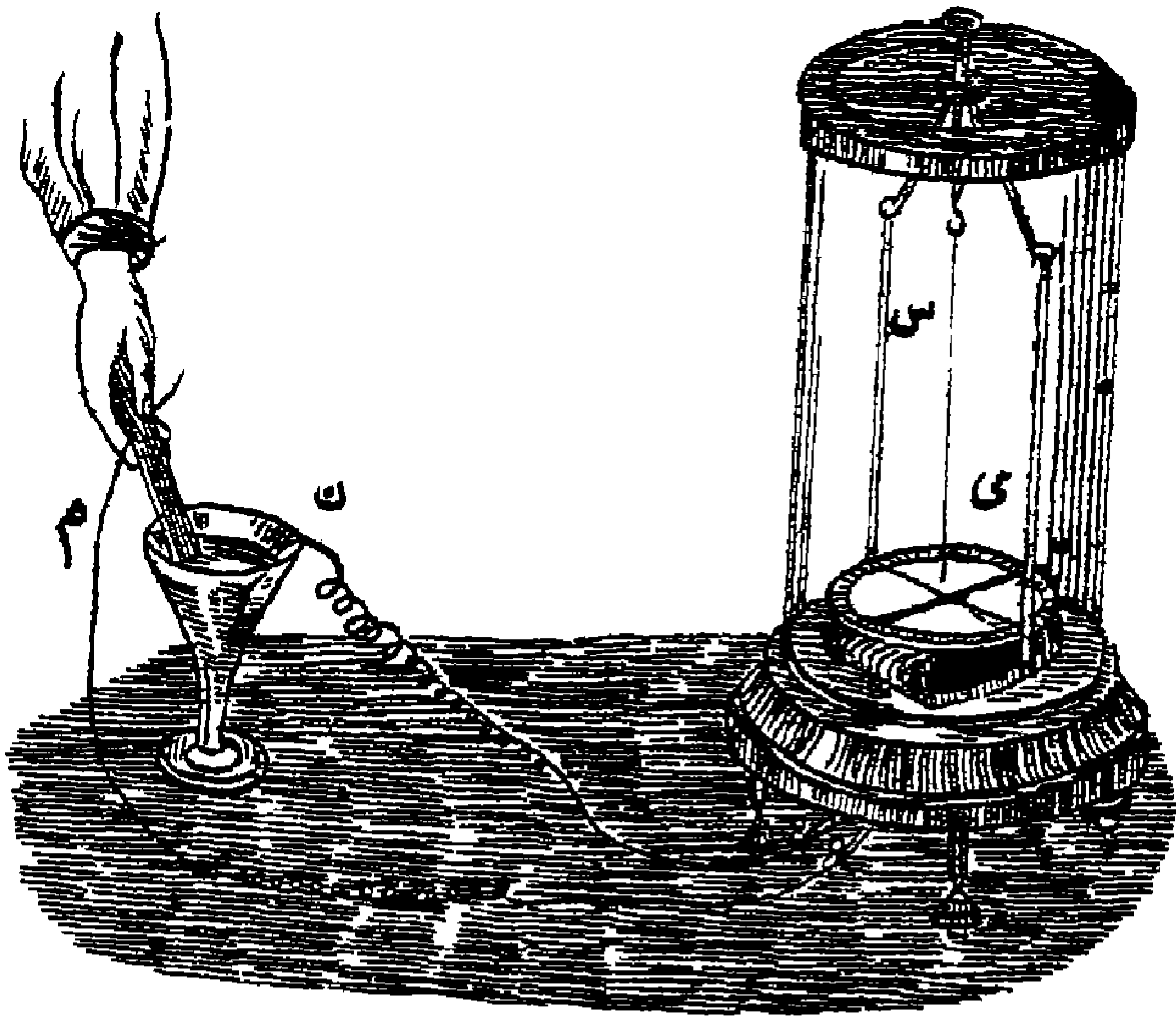
كان انحراف الابرة اعظم من انحرافها في الشكل ٢٦٧ لان الشريط يؤثر فيها هنا من فوقها وتحتها وما بينهما ولا يؤثر فيها هناك الا من فوقها فيزداد تأثير المجرى الكهربائي



الشكل ٢٦٨

فيها مع بقائه على قوته بزيادة عدد اللفات حتى يصير المجرى الضعيف حداً كالمجرى القوي على شريطة واحدة. فتقاس قوته بانحرافها ولو كانت ضعيفة جداً ولا يخفى ان مغنطيسية الارض من شانها ان توجه قطب الابرة الشمالي الى الشمال فتقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي. ولذلك يضعون ابرة فوق اخرى بحيث يكون القطب الشمالي من الواحدة تجاه الجنوبي من الاخرى والجنوبي تجاه الشمالي. فلا تعود الارض تقاوم انحرافهما بالمجرى الكهربائي الا قليلاً لانها تجذب قطب الواحدة كما تدفع قطب الاخرى تقريباً اذ تجعل مغنطيسية الواحدة اقوى من مغنطيسية الأخرى قليلاً فتبقيان خاضعتين لتأثير المجرى الكهربائي فيهما ويقال لهما النظام الأستاتيك

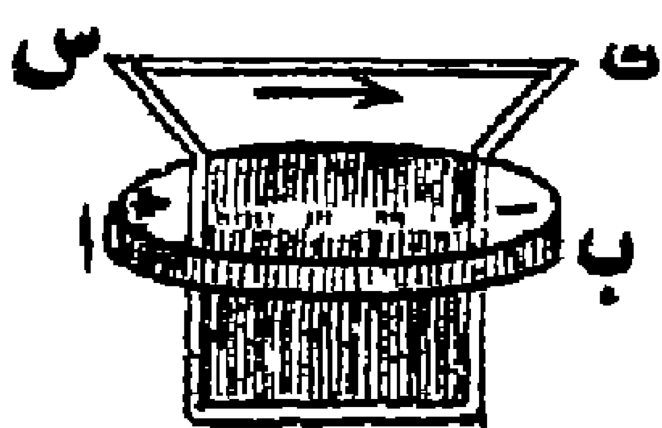
ترى في الشكل ٢٦٩ صورة الكلفانومتر. ب لفة من الشريط الملفوف حوله حرير لفصله فتجري الكهربائية عليه كله و ن الشريطة الداخل المجرى الكهربائي عليها من البطارية او نحوها الى اللفة و م الشريطة الخارج عليها من اللفة الى البطارية او نحوها. و س خيط من الحرير يتعلق به نظام أستاتيك بحيث تكون احدى ابرتيه داخل تجويف اللفة والاخرى ا ب فوق دائرة مقسّمة. وشريط اللفة ملفوف على نحاس وموضوع على قرص من النحاس ايضا له لوالب لجعل سطحه افقياً. فيعرف وجود المجرى الكهربائي على الشريط من انحراف



الشكل ٢٦٩

قطب الابرة ونعرف شدته من مقدار انحرافه ونعرف جهته من جهة انحرافه.
ويسمى الكلفانومتر بالريومتر والمضاعف ايضاً لانه يزيد قوة المجرى الكهربائي

(٢٦٨) فعل مجرى بمجرى — ضع شريطة على موازاة شريطة أُخرى وأَجرِ المجرى في كل منهما فاذا جرى المجريان في جهة واحدة تجاذبتا واذا جريا في جهتين متعاكستين تدافعتا



ولبيان ذلك ضم صفيحة من التوتيا المملغمة الى اخرى من النحاس وثبتهما في قطعة من الفلين ا ب (الشكل ٢٧٠) حتى يعوما عند وضعهما في حامض

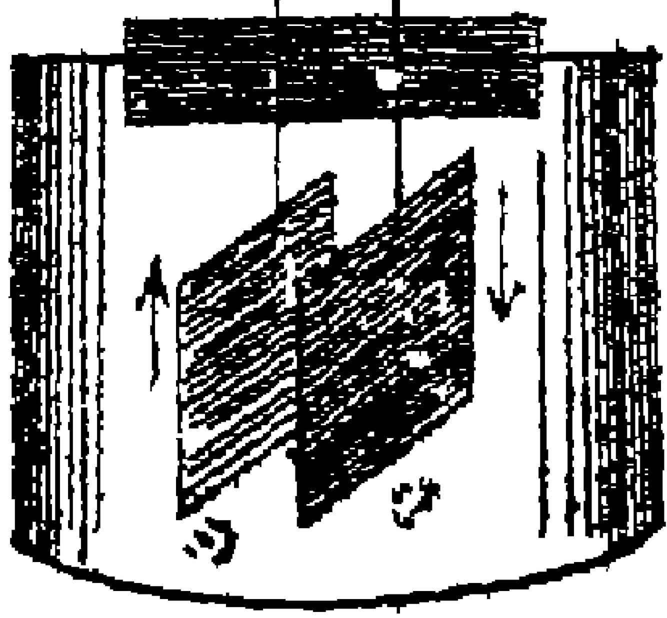
الشكل ٢٧٠

مخفف. وصل بين قطبيهما الايجابي والسلبي بشريطة س ت فيجري المجرى عليها في جهة السهم. ثم صل بين قطبي بطارية بشريط حتى يجري المجرى عليه وقرّبه بيدك. موازياً للشريطة س ت. فان كان المجرى جارياً عليه في جهة السهم جذب الشريطة س ت اليه وان كان جارياً في عكس جهة السهم دفعها. هذا اذا كان الشريطان متوازيين واما اذا قاطع احدهما الآخر وكان ثابتا

والآخر قابلاً للحركة فاذا اجرى المجريان فيهما نحو نقطة التقاطع او عنها تجاذبا واذا اجرى احدهما نحوها والآخر عنها تدافعا

(٦٩م) اللفة القنوية — خذ اسطوانة فارغة كريشة مثلاً وادخل في ثقب بجانبها شريطاً مفصولاً متصلاً بلوح النحاس





الشكل ١٧٢

ن (الشكل ١٧٢) ومدّه في محورها حتى يخرج من احد طرفيها ثم لفّه على خارجها لفاً لولبياً من طرف الى طرف وادخله فيها من الطرف الآخر ومدّه في محورها ثم اخرجه من ثقب في جانبها وصله بلوح التوتيا فيتكوّن منه لفّة كالقناة ولذلك يقال له القنوية والتفاف الشريط فيها اما ان يكون من اليمين طالعاً الى اليسار وعينك تنظر داخلها من طرف من طرفيها ومن اليسار طالعاً الى اليمين وعينك كذلك . فاذا اجرى المجرى الكهربائي في لفّة من النوع الاول داخلاً من الشمال وخارجاً من الجنوب اكسبها هذه الخصائص (١) اذا كانت متحركة وتُركت لذاتها فعلت بها الارض كما تفعل بالابرة المغنطيسية ووقفت في خط المحور المغنطيسي . وجّهت شمالها الى الشمال وجنوبها الى الجنوب (٢) اذا قُرّب القطب الشمالي من المغنطيس الى قطبها الشمالي تدافعا واذا قرّب الجنوبي تجاذبا (٣) اذا قرّب اليها لفة قنوية من نوعها فيها مجرى كهربائي تجاذبتا وتدافعتا كانهما مغنطيسان — واذا اجرى المجرى الكهربائي في لفة من النوع الثاني انعكس القطبان وجذبهما ودفعهما

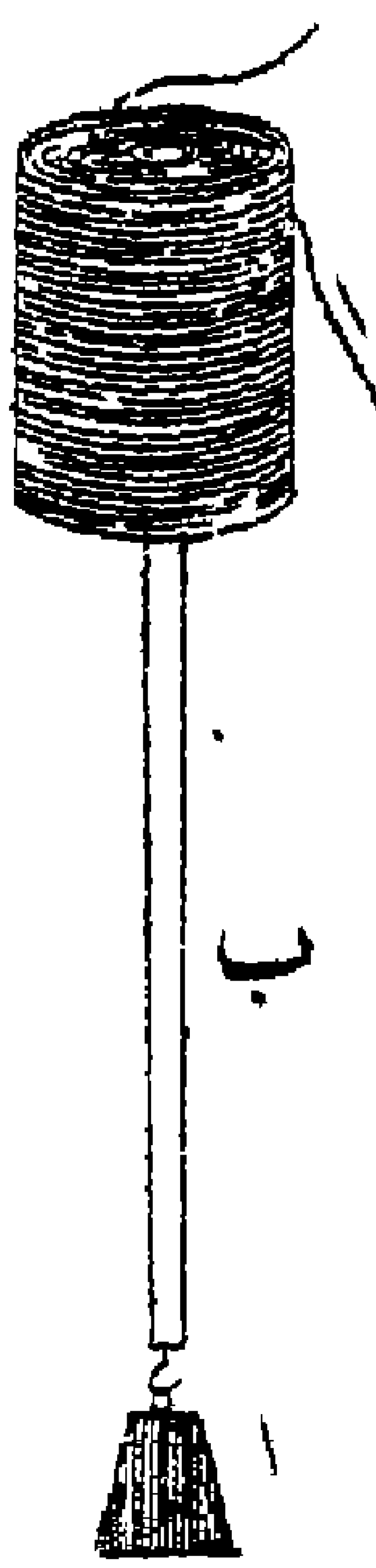
(٧٠م) رأي اميير في القوة المغنطيسية يستنتج مما تقدم انه اذا جرى المجرى الكلفاني على لفّة صيّرها مغنطيساً قطباه يتغيّران حسب الجهة التي يجري المجرى فيها على اللفة . ويمكن ان يعكس هذا الاستنتاج فيكون المغنطيس جسماً تجري الكهربائية على دقائقه وهذا هو رأي اميير . اما

اللفة تجرى فيها مجرى واحد واما المغنطيس فيجرى مجرى فى كل دقيقة من دقائقه ولذلك تكون مجاريه عديدة جداً اثر اذا انصوّرناه مؤلفاً من سافات من الدقائق بعضها بجانب بعض فمجارى الدقائق التى فى وسط الساف يبطل بعضها بعضا حتى تنفى قوة مجارى الساف كله معادلة لقوة مجرى واحد يحيط بها على سطح المغنطيس. واما من جهة هذه المجارى المزعوم بها فتكون على ما يظهر من اللفة القنوية معاكسة لجهة عقارب الساعة فى القطب الشمالى من المغنطيس ومطابقة لجهة عقارب الساعة فى القطب الجنوبى منه (اى انها تكون من اليمين الى اليسار فى الشمالى وبالعكس فى الجنوبى)

(٤٧١) مغنطيسية الارض — وعلى ما تقدم نعلل مغنطيسية الارض بانها مجار كهربائية تجرى حولها من الشرق الى الغرب عمودية على الهاجرة المغنطيسية (عد ٤١٣) والمظنون ان هذه المجارى تحصل من تفاوت حرارة الشمس على اقسام مختلفة من الارض من الشرق الى الغرب لان لتفاوت الحرارة يهيج الكهربائية كما سيجئ (عد ٤٨٤). ولما كانت هذه المجارى تجرى حول الارض من الشرق الى الغرب وكانت مجارى الابرة المغنطيسية تجرى حولها على عرضها لا على طولها فهى لا تهدأ حتى تصير مجاريها موازية لمجارى الارض اى حتى يتجه طولها شمالاً وجنوباً

---

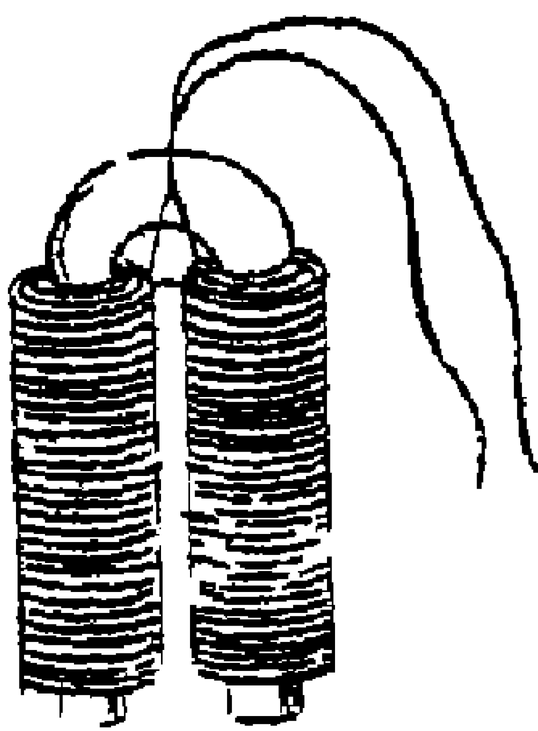
(٤٧٢) المغنطيس الكهربائى — تقدم (عد ٤٠٨) ان المغنطيس الصناعى يصطنع بالكهربائية وتقدم بيان ذلك فى كهربائية الاحتكاك (عد ٤١٣) واما فى الكهربائية الغلفانية فاذا لف شريط مفصول على حديد لين ووصل طرفاه بقطبى بطارية غلفانية فعند ما يجرى المجرى الكهربائى فى الشريط يصير الحديد مغنطيساً وعند ما ينقطع عن الشريط يفقد الحديد مغنطيسيته. واذا ابدل الحديد بالفولاذ صار مغنطيسياً دائماً. وكلما زاد عدد لفات الشريط



الشكل ۲۷۲

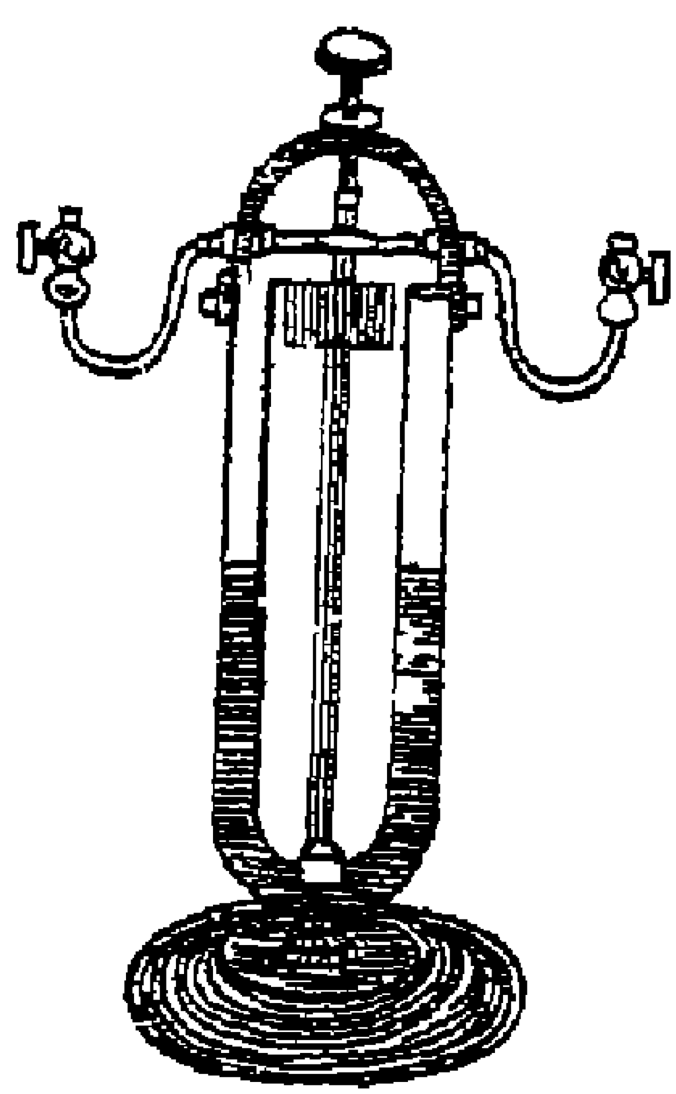
زاد المغنطيس قوة حتے انہم قد صنعوا كذلك من المغنطيس ما يحمل ۵۰۰ ۳ ثقل من ثقله — ترى (الشكل ۲۷۲) صورة لفة اذا وُصل طرفا شريطها ببطارية كلفانية ووضع اسفلها قضيب ب من الحديد فعند جرى الكهربائية فيها يمغنط القضيب فتجذبه وتحمله حاملاً ثقلاً كبيرًا وتعلقه بين السماء والارض لا شئ فوقه ولا شئ تحته. فيظهر من ذلك ان اللفة والقضيب يتمغنطان معًا

اما المغنطيس الكهربائى فحديدة لينة على شكل نعل الفرس (الشكل ۲۷۳) يلفّ شريط مفصول من النحاس على ساعديها فتتمغنط عند جرى المجرى الكهربائى فى لفتى الشريط تمغنطا وقتيًا يزول عند انقطاع المجرى. ويصنع ايضًا من قضيبين من الحديد يصل بينهما قضيب ثالث ويلفّ عليهما الشريط. وتزداد قوته بتعاظم حجمه وازدياد التفاف الشريط عليه واشتداد المجرى الجارى فيه —


الشكل ۲۷۳

(۲۷۳) حصول الحركة الميكانيكية بالكهربائية

اذا مغنطنا قضيبًا من الفولاذ بلفّةٍ من الشريط ثم عكسنا جهة المجرى عليها انعكس قطبا هذا المغنطيس فيستخدم ذلك للحصول على حركة متصلة — ترى فى الشكل ۲۷۴ آلة پاج الدوّارة وهى مؤلفة من مغنطيس نضوى قائم ومغنطيس كهربائى صغير بين قطبيه موضوع على قضيب يدور حاملاً اياه. وفوق المغنطيس الكهربائى دنبركان موضوعان بحيث انه لا يدور دورة حتے يكون المجرى الكهربائى قد مرَّ من كل منهما الى الشريط الملفوف على المغنطيس الكهربائى فيجرى المجرى الكهربائى عليه تارةً الى جهة وأُخرى الى عكسها ولذلك يتغيَّر قطباه مرتين فى كل دورة. ثم ان قطبى المغنطيس النضوى القائم يجذبان قطبى هذا المغنطيس الكهربائى ولكن هذين لا يصيران



الشكل ٢٧٤

مقابلهما حتى يكونا قد انعكسا بانعكاس جهة المجرى الكهربائي على الشريط . ولذلك يقع الدفع بينهما وبين قطبي المغنطيس القائم فيبعدان عنهما دائرين حتى يعود كل منهما ويقارب عكسه من قطبي المغنطيس القائم فيقع الجذب بينهما كالسابق ومتى تقابل الاثنان المتجاذبان تنعكس جهة المجرى الكهربائي فيندفعان وهلمّ جرّا . فيحصل من الجذب والدفع دوران المغنطيس الكهربائي والقضيب الحامل له وذلك هو الحركة المطلوبة . وقد يكون دورانه سريعًا جدًا حتى يصير عدد الدورات ٢٥٠٠ دورة في الدقيقة فتنعكس جهة المجرى ٥٠٠٠ مرة فيها

(٣٧٤) الآلات المغنطيسية الكهربائية هذه الآلات تصنع على مبدأ من مبدأين فاما ان تصنع على مبدإ ان المغنطيس يكتسب القوة المغنطيسية والمجرى الكهربائي جارٍ حوله ويفقدها عند انقطاع المجرى عما حوله فيكون له قوة الجذب والدفع في الحال الأُولى ولا يكون له قوة منهما في الحال الثاني فلا يحرّك غيره . واما ان تصنع على مبدإ انعكاس جهة المجرى الذي سبق بيانه . وقد صنع منها آلات بقوة ثمانية وعشرة احصنة ولكنها لم تكثر في الاستعمال لكثرة ما يقتضي لها من النفقة . فانهُ يلزم للمجرى الكهربائي وقود كما يلزم للحرارة وقود . ووقود المجرى الكهربائي التوتيا وهذه يقتضي ان يوقد منها لتحريك آلة بقوة عشرة احصنة ما قيمته اعظم جدًّا من قيمة الفحم الحجري الذي يوقد لتحريكها

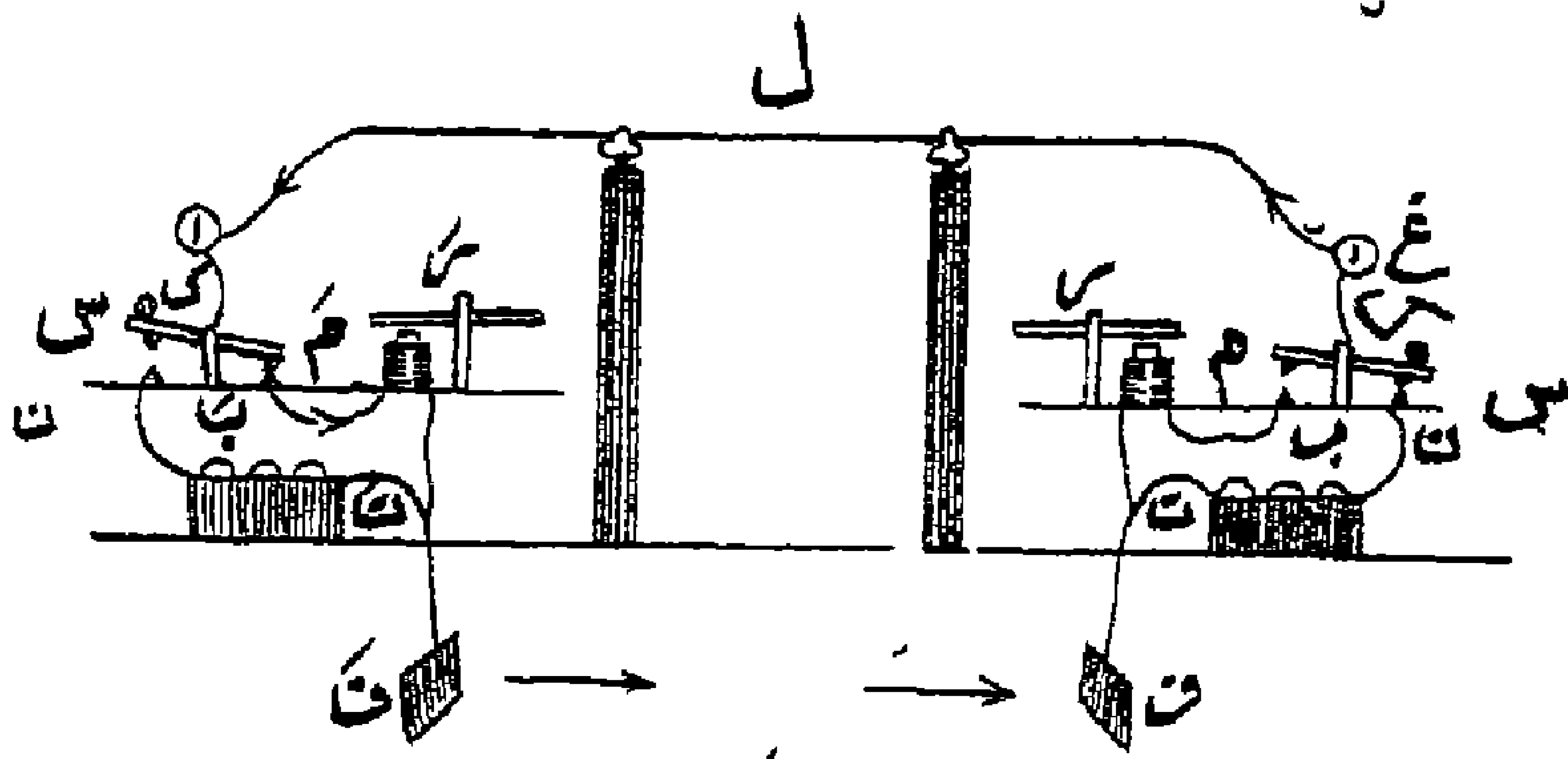
(٣٧٥) التلغراف الكهربائي — من اعظم منافع الكهربائية في اعمال الناس التلغراف تنقل به الاخبار من ناحية في الارض الى أُخرى بسرعة عظيمة . وتاريخه طويل والمخترعون فيه كثيرون واتمّ انواعه واغلبها استعمالًا تلغراف مورس الاميركاني ومبدأهُ

سبل أ المغنطيس الكهربائي كما ستري

اما الادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف فثلاث: بطارية لتهيج الكهربائية وشريط موصل لايصال المجرى الكهربائي والراقم لخط العلامات المستعملة للدلالة على حروف الهجاء. فالبطارية الغالب استعمالها بطارية كروف. والشريط اما ان يمدّ في الهواء او تحت الارض او في الماء. فالاول يُصنع من الحديد المغصول ويمدّ بين مكانين مارًّا على اعمدة خشبية عليها سندات فاصلة من الخزف الصيني لتسندهُ. والثاني يمدّ في المدن حيث يُختشى انقطاعهُ في الهواء ويصنع عادةً من النحاس الملبَّس بالكوتا برخا لفصله فلا تتبدَّد كهربائيته في الارض التي يمرُّ فيها. والثالث يمد في البحور بين بلاد وبلاد ويُصنع بفتل شرائط من النحاس الخالص الواحدة على الاخرى ثم يفصلها بجسم فاصل ويلبسها اجسامًا تقيها من تأثير الماء فيبلغ قطر شريطها فيراطا بعد كل ذلك. والراقم سيأتي تفصيلهُ بعد الكلام على ارسال الرسالة البرقية

(٤٧٦) ارسال الرسالة البرقية + لنفرض اننا مددنا الشريط ل بين مكانين كبيروت س ودمشق سَ (الشكل ٢٧٥) ووضعنا في كل منهما بطارية ب وبَ حتى تجري الكهربائية الايجابية من ت في جهة ن ومن تَ في جهة نَ وان لديك مفتاحان لارسال الكهربائية (وسيأتي ايضاحها) وغ غَ كلقا قومتان وم مَ قابلتان وهما مغنطيسان كهربائيان وسمّيا قابلتين لقبولهما الكهربائية. ور رَ راقمان يرقمان علامات الحروف وين لوحان من المعدن مساحة سطح كل منهما عدة اقدام مربعة وهما نازلان في الارض فاذا اراد العامل بالتلغراف ان يبعث رسالة برقية الى دمشق ضغط باصبعه طرف المفتاح ك حتى يمسّ اسفلهُ حديدةً تحته فيجري المجرى الكهربائي من ن القطب الايجابي للبطارية ت مارًّا على المفتاح والكلقا نوتر غ والشريط ل الى محل التلغراف في دمشق ثم يمرّ على الكلقا مترغَ

والمفتاح ك والقابلة م وينزل الى اللوح ف ويجتاز منه الى الارض فيجري فيها في جهة السهمين حتى يصل الى ق في بيروت ومنه الى القطب السلبي من البطارية ب حيث يتم الدائرة وتكون م حينئذٍ منفصلة عن ت حتى يجري المجرى

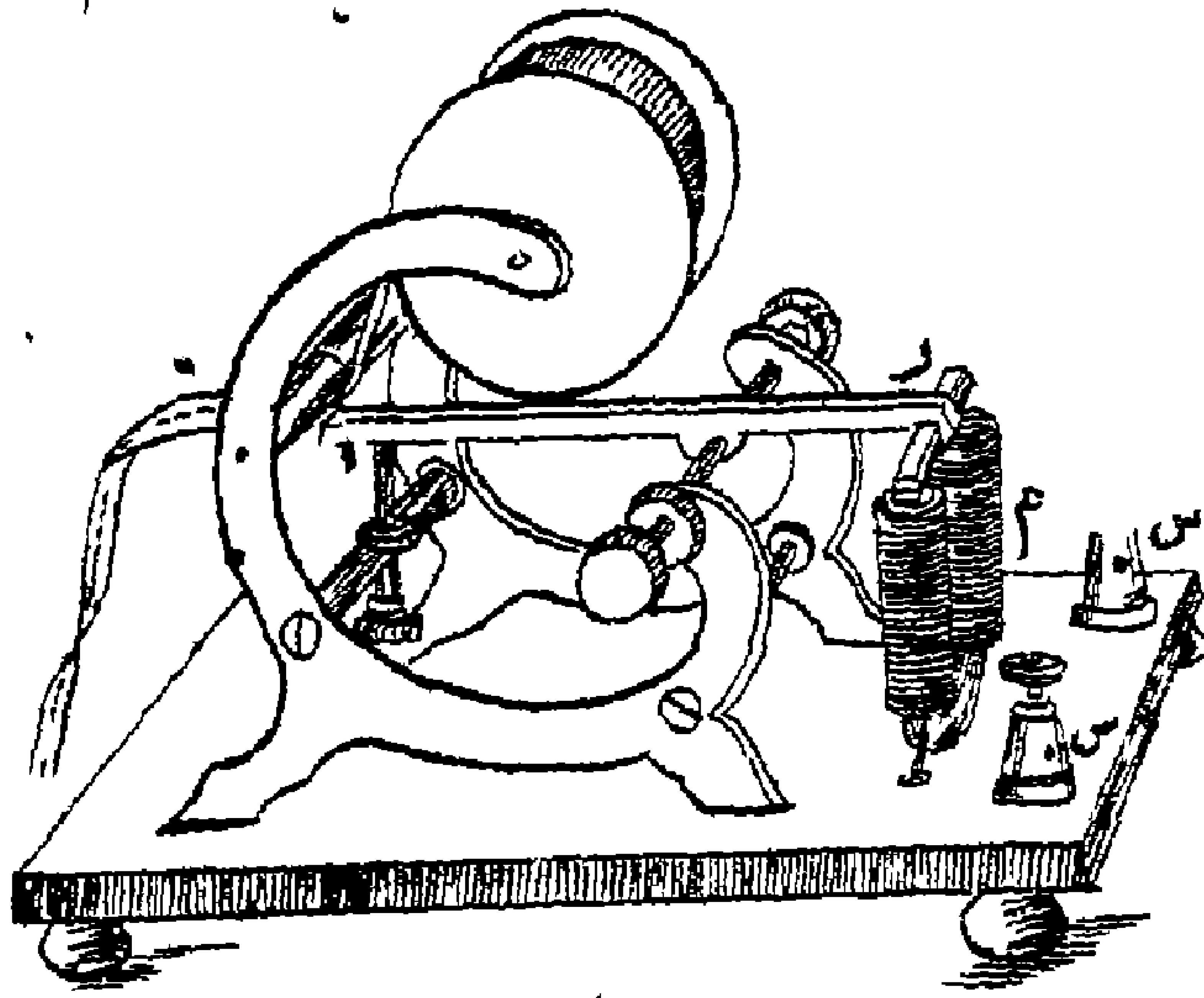


الشكل ٢٧٥

الكهربائي كما ذكرنا . وما زال طرف المفتاح ك مضغوطاً على ما تحته يبقى المجرى على ما تقدم ولكن حالما ترفع الاصبع يرجع طرف المفتاح الاخر بقوة زنبلك ويمس نتوءًا تحته ويرتفع الطرف الاول عما تحته كما ترى عند س واذا اراد العامل في دمشق ان يبعث الرسالة ضغط طرف المفتاح عنده فيجري الكهربائية من البطارية ب على نحو ما ذكر حتى تعود اليها فيصير س الباعث وس القابل

(٧٦٣) الراقم — هذا جزء من آلة (الشكل ٢٧٦) فيها مغنطيس كهربائي م ملفوف عليه شريط دقيق وطويل جداً من النحاس . فيتصل احد طرفي هذا الشريط بالشريط الممتد بين المكانين ل (الشكل ٢٧٦) بواسطة اللولب س ويتصل طرفه الاخر بشريط اللوح المعدني ف في الارض بواسطة اللولب س فعندما يضغط المفتاح في دمشق لارسال الرسالة البرقية الى بيروت مثلاً يجري المجرى على لفتي المغنطيس الكهربائي في بيروت فيجذب هذا المغنطيس الحافظة المتصلة بطرف الراقم د (الشكل ٢٧٦) فينخفض هذا الطرف ويرتفع الطرف الاخر . وفي هذا الطرف مسمار راس فعند ارتفاعه يمس سيراً من الورق ينتزع عن ملقب ويسحب بواسطة دواليب كدواليب الساعة (لم ترسم في الشكل)

فيغمزه راسمًا عليه نقطة او خطًّا طوله حسب المراد وعند ما يرفع الضغط عن



الشكل ٢٧٦

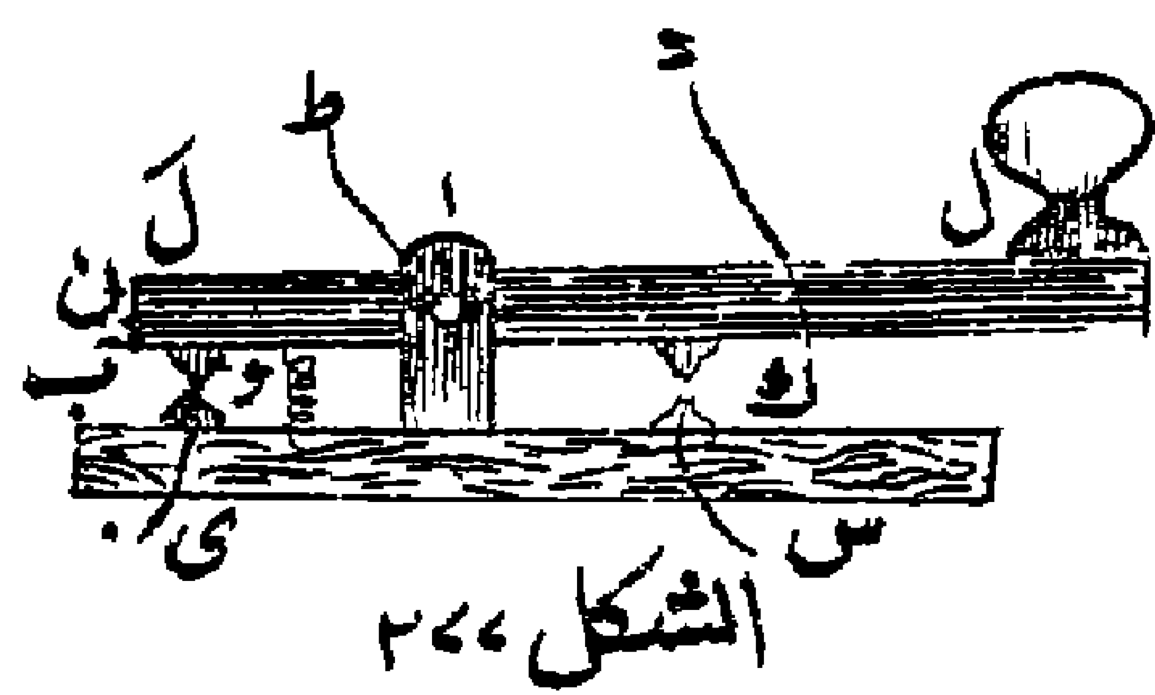
المفتاح في دمشق ينقطع المجرى عن المغنطيس الكهربائي في بيروت فينخفض الطرف الذي فيه المسمار من الراقم ويرتفع الطرف المتصل بالحافظة . ثم يعود العامل فيضغط المفتاح في دمشق فيعود المسمار ويغمز الورق في بيروت على ما تقدم وهكذا حتى ينتهي الرسالة . وتكون علامات الحروف فيها نقطًا وخطوطًا والفرق في خطها يتوقف على تقصير زمان ضغط المفتاح وتطويله . وهاك علامات مورس للحروف الافرنجية . فيفصل الحرف عن الحرف في الكلمة قليلاً

A . —	J - — — —	R - — -
B — - - -	K — - —	S - - -
C — - — -	L - — - -	T —
D — - -	M — —	U - - —
E -	N — -	V - - - —
F - - — -	O — — —	W - — —
G — — -	Ö — — — -	X — - - —
H - - - -	P - — — -	Y — - — —
I - -	Q — — - —	Z — — - -

وتفصل الكلمة عن الكلمة اكثر من ذلك . وقد يمرن سمع المشتغلين بالتلغراف حتى يصيروا يعرفون الحروف من سماع صوت وقع الحافظة على المغنطيس الكهربائي فيستغنون عن الراقم . وعلى ذلك اخترعوا الصائتة وهي مغنطيس نضوي صغير امامه حافظة يبعدها زنبرك عنه وقد امرّ المجرى الكهربائي فيه

يجتذب بالحافظة فتقع عليه بصوت قوي واذا انقطع عنه المجرى الكهربائيّ تندفع عنه بقوة الزنبرك فتعرف علامات الحروف من صوتها. هذا وقد ظهر ان مدار التلغراف الكهربائي كله على وصل الدائرة الكهربائية وفصلها في محل واحد ومغنطة المغنطيس الكهربائي ونزع مغنطيسيته بذلك في محل اخر على التعاقب

(٤٧٨) مفتاح التلغراف - هو محل من النحاس ل ل (الشكل ٢٧٧) يتحرك على محور في اعلى العمود ا وعلى اسفله نتوّان من البلاتين د ون وهذان يقرعان على نتوّين اخريين من البلاتين ك وب

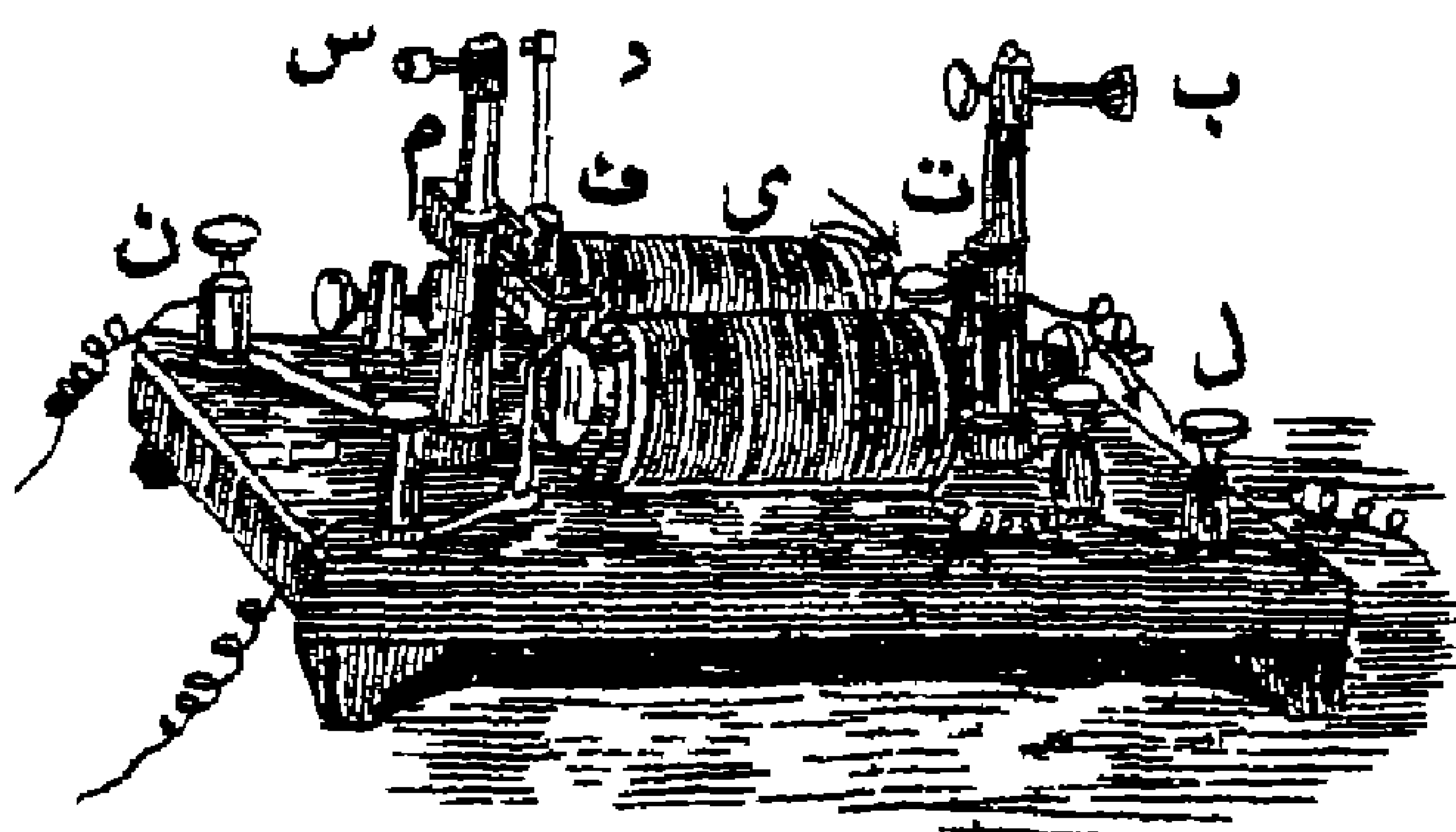


الشكل ٢٧٧

فالاول ك يتصل بالشريط س والثاني ب يتصل بالشريط ى والشريطان المذكوران يتصلان بقطبي البطارية (الشكل ٢٧٧) فاذا ترك المحل لذاته مسّ ن ب بقوة الزنبرك ز. ويتصل بالمحور الذي في ا من المحل شريط ثالث ط وهو الشريط الطويل الذي يمتدّ بين المكانين. فاذا كان المفتاح قابلاً كما في الشكل جرى المجرى الكهربائي من المحل الباعث على ط ا ل ن ب ى ثم مرّ على آلة الراقم لكتابة الرسالة كما مرّ وجرى من هناك الى الارض حيث يتصل بالقطب السلبي من البطارية. ثم اذا ضغط على المفتاح صار باعثاً فيجري المجرى الكهربائي على س ك د ا ط الى المحل البعيد. فالذي يريد ان يبعث الرسالة يدق بمفتاحه فيجري الكهربائية منه الى محل الآخر فيقرأ هذا الرسالة ويشهرها وقبل الدق ينبّه القابل في المحل الآخر وذلك بان يرسل الباعث المجرى الكهربائي فيقرع جرساً في المحل الآخر فيستعد القابل لقبول الرسالة

(٤٧٩) المدد - اذا زادت المسافة بين المكانين عن خمسين ميلاً يضعف المجرى الكهربائي من مقاومة الشريط له ومن عدم تمام الفصل فلا يؤثر في المغنطيس الكهربائي تاثيراً كافياً للخط على الورقة. فاخترعوا له المدد وهو كهربائية بطارية

توضع فى المكان الذى فيه المغنطيس النضوى . و يتضح لك المدد من الشكل ٢٧٨ ل الشريط الممتد بين المكانين و ت الشريط الممتد الى الارض و ن الشريط المتصل بالقطب الايجابى من البطارية المحلية و ز المتصل بالقابلة و منها بالقطب السلبى . فيجرى المجرى الكهربائى من المحل الباعث الى ل و يدور على شريط المغنطيس الكهربائى ى ثم يخرج من ت و يجرى الى الارض . فكلما جرى

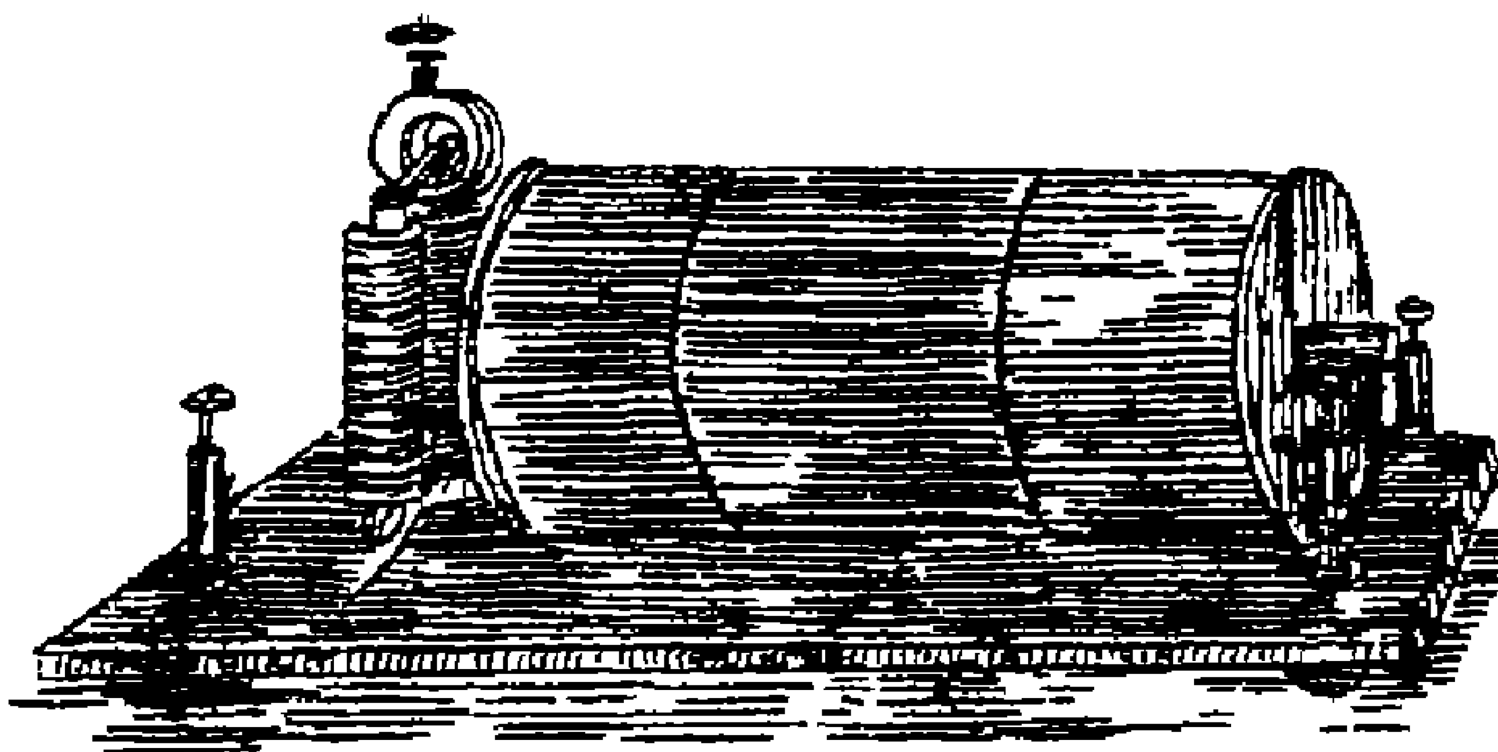


الشكل ٢٧٨

على شريطى يتمغنط ى فيجذب الحافظة المثبتة بطرف محل قائم ف يتحرك على محور افقى فى وسطه . و كلما انقطع المجرى الكهربائى عن شريطى يسحب الزنبرك ر المحل ف فيبعد الحافظة عن ى . و لذلك متى جذبت الحافظة الى ى يتحرك الطرف الاعلى من المحل ف الى الجهة المخالفة و يمس اللولب س فيصعد المجرى من البطارية المحلية على الشريط ن الى م و س و ينزل على ف الى ز و منه الى المغنطيس الكهربائى فى القابلة م (فى الشكل ٢٧٧) فيجذب هذا المغنطيس حافظته و يحرك الراقم لخط العلامات . و الخلاصة ان الباعث يدق المفتاح فى محله فيجرى المجرى الكهربائى الى المحل الآخر و يحرك المحل ف فى المدد فترسل البطارية الموضوعة فى هذا المحل كهربائيتها على الطريق الذى هيأه لها المجرى الآتى من المحل البعيد فتحرك كهربائيتها الراقم بقوة كافية

(٣٨٠) حل المجرى لمجرى . لف شريطا موصلا مفصولا على اسطوانة ثم لبس هذه اللفة شرطا سامتينا او اطله بالصمغ ثم لف حوله لفة ثانية لا تتصل بالاولى

وصل طرفى اللفة الاولى ببطارية وطرفى الثانية بكلفانومتر. فعندما يجرى المجرى فى الاولى يحل كهربائية اللفة الثانية الخارجية ويهيج فيها مجرى يجرى فى عكس جهته كما يعلم من الكلفانومتر ويسمى مجرى الاولى الاولى ومجرى الثانية الثانوى الا ان هذا المجرى الثانوى ينقطع بعد قليل ولا يعود يظهر حتى يفصل شريط الاولى عن البطارية فيظهر حينئذٍ جاريًا فى جهة المجرى الاولى حتى ينقطع ثانية. وتسمى اللفتان معًا لفة الحدة — وقد ظهر بالتجارب المتنوعة ان كل مجرى مبتدئ او مقترب لشريط موصل او متزايد القوة لسبب من الاسباب يحدث فى الشريط المجاور له مجرى يجرى فى عكس جهته وان كل مجرى منقطع او مبعد عن شريط موصل او متناقص القوة لسبب من الاسباب يحدث فى الشريط المجاور له مجرى يجرى فى جهته



الشكل ٢٧٩

ترى فى الشكل ٢٧٩ لفة حدة متصلاً شريطها الداخلى بقطبى بطارية لم ترسم هنا. فبعد مرور المجرى الكهربائى فيه يمر على مغنطيس كهربائى اماما فيجذب المغنطيس حافظة تجاهه. فتنفصل الدائرة ويفقد المغنطيس مغنطيسيته فتفلت الحافظة منه وترجع الى مكانها بقوة زنبرك فتتصل الدائرة ويعود المجرى الكهربائى. وهذا الفصل والوصل يتهيج المجرى الثانوى فى الشريط الخارجى على ما تقدم ويوضع فى تجويف هذه اللفة حزمة من شريط الحديد فتزيد قوة المجرى الكهربائى فى اللفة الخارجية بالحل ايضًا. ويمتد طرفا الشريط الخارجى

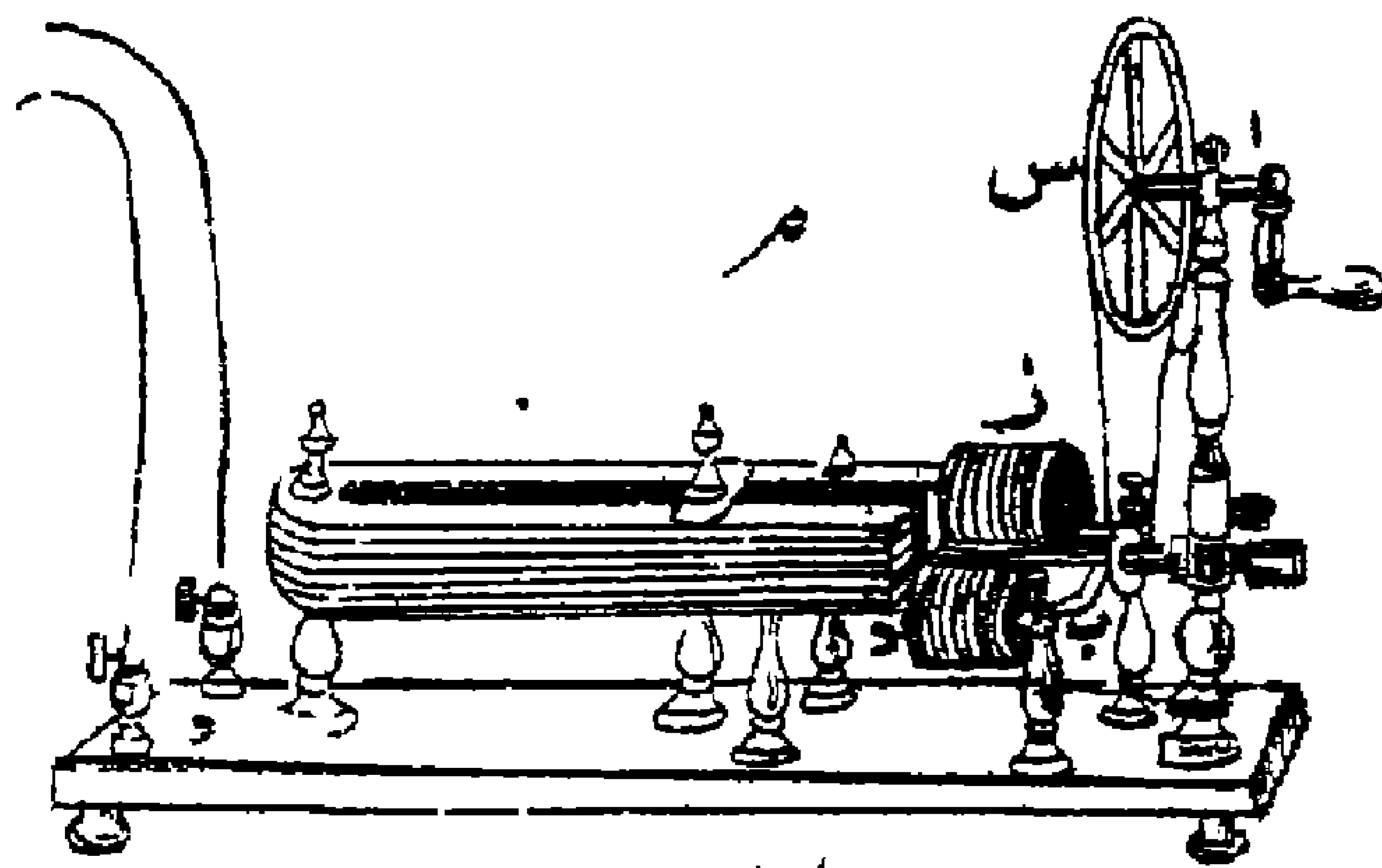
فيمسك به المرضى ليبتعا لجوا بالمجرى الثانوى. وهذا الشكل كثير الاستعمال فى الطب

وعلى هذا المنوال تصنع لفّة رمكورف فيلفّ على الانواع الكبيرة منها من ثلاثين الى خمسين ميلاً من الشريط. وقد استنبط لها رتشى الاميركى استنباطات عديدة بها جعل المجرى شديداً جدًّا فصنع منها لفة تخرج شررا طوله ٥ اقيراط وتملأ القنينة الليدنية وتفرغها بصوت كطلق البارودة بسرعة عظيمة. وللمجرى لفة رمكورف من التاثير فى الاجسام ما للبطارية ولكن تاثيرها اشدّ.

(٣٨١) حل المغنطيس للمجرى — كما ان المجرى الكهربائى يحلّ مجرًى آخر فى شريط بالقرب منه (عد ٣٨٠) كذلك المغنطيس يحل المجرى الكهربائى فى الشريط الذى حوله. فاذا صُنعت لفة من الشريط ووصل طرفاها بالكلفانومتر ثم أُدخل طرف قضيب من المغنطيس بغتةً فى جوفها حصل فيها مجرًى كهربائى وقتى معاكس فى جهته بجهة المجرى المظنون انه يدور حول المغنطيس (عد ٣٧٠) كما يستدل بالكلفانومتر. ثم ان هذا المجرى ينقطع ما دام المغنطيس فى اللفة ولكنه حالما يخرج منها يحصل فيها مجرًى آخر وقتى موافق لمجراهُ + وكذلك اذا وضعنا فى اللفة حزمة من شريط الحديد اللين وقرّبنا اليها القطب الشمالى من المغنطيس بغتةً فيظهر المجرى الكهربائى فى اللفة ثم ينقطع ما دام المغنطيس على الحزمة ويعود جارياً بعكس ما كان حال رفع المغنطيس عنها + وعليه يهيج المغنطيس مجرًى فى لفة الشريط كلما دخل فيها او خرج منها اذا كان هو متحركا وهى ثابتة. او كلما بعدت عنه وقربت منه اذا كانت هى متحركة وهو ثابت. فيحصل المجريان بتغيير وضع المغنطيس من اللفة ويحصلان ايضا بزيادة قوة المغنطيس ونقصانها وهو فى اللفة

وقد اخترعوا آلات شتى على هذا المبدإ تسمّى آلات كهربائية مغنطيسية منها هذه الآلة (الشكل ٢٨٠) م مغنطيس نضوى مركّب من عدّة مغنطيسات بعضها مرصوف فوق بعض و ب مغنطيس كهربائى مؤلف من ساعدى حديد وحديدة

ثالثة بينهما. فيدار الدولاب س فتدور اللفتان تجاه قطبي المغنطيس و حينئذٍ يمغنط هذان القطبان ساعدي الحديد بالحل والساعد ان يهيجان مجرى كهربائياً في كل من اللفتين. ويجري المجرى على شريطين ممتدين من اللفتين تحت كرسي الآلة فيتمسك العليل بهما فينتفع بالهزة الكهربائية ولا سيما اذا وضعت حافظة على المغنطيس النضوي. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال في المعالجات الطبية لسهولة نقلها واستعمالها.



الشكل ٢٨٠

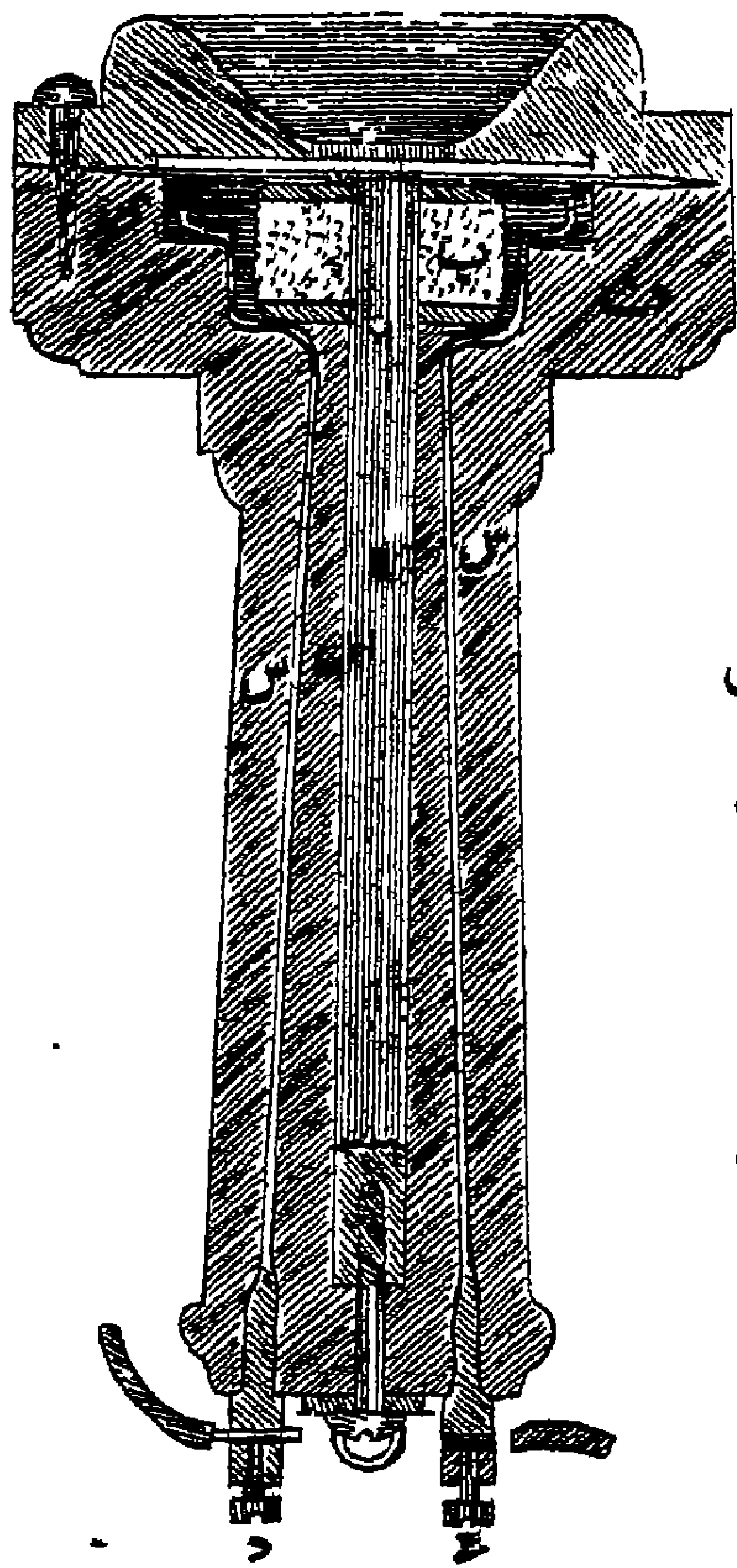
(٣٨٢م) الشمعة الكهربائية + تقدَّم (عد ٣٠٦م) انهم يحاولون الآن تعميم النور الكهربائي ومن جملة الآلات التي صُنعت لاستحضار هذا النور شمعة يبلكوف وهي مصنوعة من قضيبين رفيعين من الكربون المحضَّر يوضع احدهما قرب الآخر وعلى موازاته ويفصل بينهما بصفيحة من الكاولين ثم يوصل بهما شريط آلة كهربائية مغنطيسية فتمتد بينهما القوس القلتائية بحرارة شديدة جداً اتاكلها. ولما كان القطب الايجابي منهما يؤكل اكثر من السلبي فقد جُعل هذه الشمعة تدبير حتى ان القطب الايجابي يكون تارةً على هذه الفحمة وطوراً على تلك بالتساوي فيبقى طول الفحمتين واحداً ولا تنقطع القوس من بينهما حتى تحترقا كلتاهما معاً. حسبوا ان نفقة هذه الشمعة $\frac{1}{15}$ من نفقة شمعة لتنا وهما من نور الغاز

(٣٨٣م) التلفون + تلغراف لنقل الاصوات بالذات

لا علامات الحروف الهجائية اخترعه بل الاميركانى سنة ١٨٧٧

وهذه صورته مقطوعة

(الشكل ٢٨١) اقضيب من المغنطيس مثبت بلولب فى اسفله وب لفة من شريط النحاس المفصول ملفوفة حول راسه ويمتد طرفاها س س الى د د ويتصلان من هناك بشريط التلغراف اوبشريطين آخرين يمتدان الى حيث شئت وامام رأس المغنطيس واللفة صفيحة ى ى من الحديد اللين لا يزيد سمكها عن سمك قرطاس الكتابة المتين



الشكل ٢٨١

وبيان نقل الاصوات به ان المغنطيس ايمغنط الصفيحة ى ى بالحل ومتى تكلم المتكلم امامها تهتز الى الامام والوراء فتتغير باهتزازها هذه كيفية توزع المغنطيسية على المغنطيس ايحصل من هذا التغيير مجار متعاكسة منقطعة فى اللفة ب. وايضاً ان اقتراب الصفيحة ى ى الى اللفة وابتعادها عنها فى اهتزازها يحدثان فى اللفة مجارى كالمجارى التى يحدثها المغنطيس اتنتقل هذه المجارى المنقطعة الى المحل البعيد حيث يكون تلفون آخر. وعند وصولها الى اللفة التى فى هذا التلفون تجذب الصفيحة ى ى وتتركها على التوالى فتهتز هذه الصفيحة كما اهتزت الصفيحة الاولى بصوت المتكلم فتصوت صوتاً كصوته. اوتهتز

رقائق المغنطيس نفسه فيُسمع الصوت من اهتزازها ولو لم تكن الصفيحة موجودة على ما يظن البعض



الشكل ٢٨٢

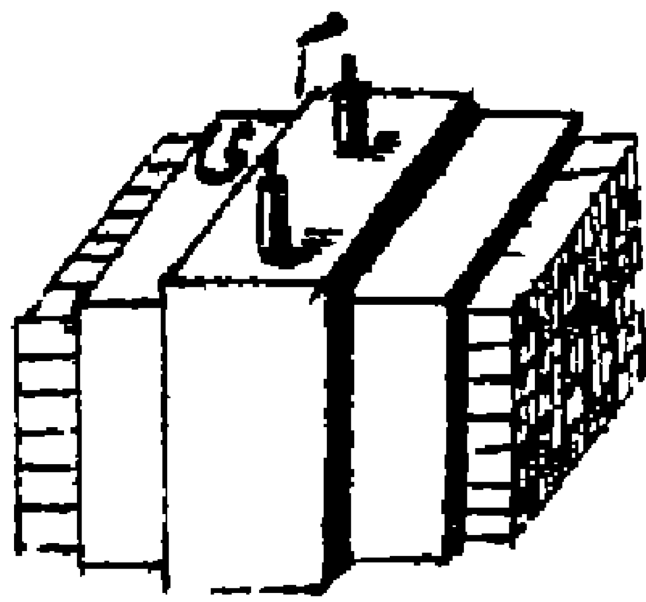
ترى فى الشكل ٢٨٢ صورة رجل يكلّم غيره ويسمع كلامه بالتلفون وقد تمكنوا من التكلم به وبينهم نحو ... اميل اى بين فليدلفيا وشيكاغو الّا ان صوته لا يخلو من الرنّة المعدنيّة. اما طوله فنحو خمسة قراريط ونصف واما قطر فوهته فاقلُّ من ثلاثة قراريط. ويؤمل منهُ النفع العظيم فى المستقبل

الفصل الخامس

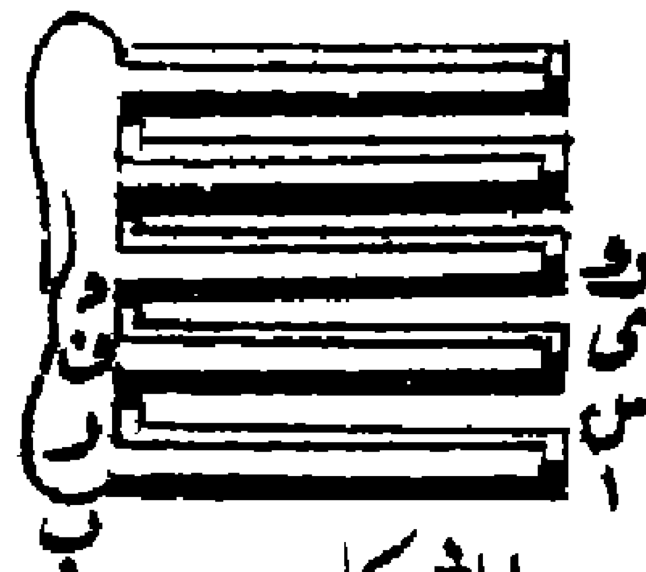
فی كهربائية الحرارة

(٤٨٤) كما ان الكهربائية تتحوّل الى حرارة كذلك الحرارة تتحوّل الى كهربائية ويتضح ذلك من رصيف كهربائية الحرارة لنوبلی كما سترى

خذ صفائح من البزموت والانتيمون وصلها بعضها ببعض كما يتصل ا ب وس ر وى ف وك د الخ (الشكل ٢٨٣) واربط شريطة موصلة مفصولة بصفيحة البزموت ا ب واخرى بصفيحة الانتيمون العليا وبرّد اطراف الصفائح ب ر ف د الخ بثلج وضع حديدًا حاميًا على الاطراف ا س ى ك الخ. حتى تتفاوت حرارة الجانبين فيصدر منها مجرى كهربائی شديد ويجری على الشريط الى حيث يراد



الشكل ٢٨٤



الشكل ٢٨٣

واذا اريد عمل رصيف كثير الصفائح بقصد الاستعمال رصف على ما ترى فی الشكل ٢٨٤ ووُصلت صفيحة البزموت الاولى فيه بالشريطة م وصفيحة الانتيمون الاخيرة بالشريطة س فتكون م وس قطبيه الايجابی والسلبی. ثم انه ما دامت حرارة الاطراف على الجانبين على درجة واحدة لم يظهر شیء من الكهربائية واما اذا اختلفت على الجانب الواحد ولو يسيرًا جدًّا عمّا فی الجانب الآخر كما اذا وقعت فراشة عليه او لاحت اليد اماما على بعد عشرين او ثلاثين قدمًا) فيجری المجری الكهربائی منه على الشريطين ويحرك الكلفانومتر اذا كان متصلين به.

ولذلك يستعمل هذا الرصيف لمعرفة وجود الحرارة مهما قلّت۔

الفصل السادس

في الكهربائية الحيوانية

(٤٨٥) قد مرّ ان كلفاني اكتشف مجرًى كهربائيًّا في الضفدع فهذا المجرى يجري في الحيوان الحي او الذي لم يطل زمان موته من سطح جسده الخارجي اي البشرة الى سطحه الداخلي اي الغشاء المخاطي وقد اثبت الّن في ذلك بان اخذ رأس ثور ووضع عليه العصب القطني من فخذ ضفدع ومسك طرف الفخذ بيده وبلّ يده الاخرى بماء ملح ومسك بها اذن الثور فكانت فخذ الضفدع تتشنّج كلما مسّ عصبها الغشاء المخاطي على لسان الثور. واثبت مَتّيُوشي الايطالي بعد ان مجرًى ايجابيًّا يجري على الدوام من داخل العضلات الى خارجها

ويوجد من السمك ما يهزّ ماسكه كانه قنينة ليدنية ممّا فيه من الكهربائية كالرعّاد في البحر المتوسط وهو سمكة عريضة طولها نحو عشرين قيراطًا تجري كهربائيتها على المعادن والماء وباقي الموصلات كما تجري عليها الكهربائية المعروفة. وكالانكليس الكهربائي في مياه اميركا الجنوبية فهذا قد قدّر فاراداي ان كهربائية انكليس منه طوله اربعون قيراطًا تخرج شرارة كشرارة بطارية ليدنية ذات خمس عشرة قنينة. وذكر هُمبُلت ان الهنود اذا ارادوا اصطيادها ساقوا الخيل والبغال لتخوض الماء وقفوا يصدّونها عن الخروج منه. فيضطرب الانكليس من خوضها ويمرّ على وجه الماء من تحت بطونها فيهزّها هزًّا عنيفًا يصرع بعضها وينصب شعر اعراف البقية على اعناقها ويجعل عيونها تجحظ خوفًا حتى تفرغ كهربائيته وتتعب قوّته فيفرّ من خوضها الى الشاطئ فيضربه الهنود بالحراب ويخرجونه لقطعٍ غير موصلة من الخشب

ولا بأس من ذكر اكتشاف جديد هنا وهو ان النبات يفلت كهربائية سلبية عند طلوعه من البزر واكتشاف آخر وهو وجود مجار كهربائية فى الاثمار وجذور النباتات النامية وقشورها واوراقها وان كهربائية الجذور وكل اجزاء النبات الداخلية الملآنة عصارة سلبية بالنسبة الى الاجزاء الخارجية او الاقل عصارة

خلاصة الكتاب

(٤٨٦) سبق فى المقدمة ان مباحث الفلسفة الطبيعية مقصورة على التغيرات الطبيعية اى التى لا تلحق الصفات الخاصة للمادة بل العرضية فمن يعمل النظر فى مباحث هذا المختصر يجدها تدور على اربعة امور: قوة الجذب وقوة الدفع والدقيقة (المادية) والاستمرار. والى هذه ترجع كل التعاليل الفلسفية اذ هى الاسباب الموجبة للتغيرات الطبيعية المشار اليها. فان قوتى الجذب والدفع اذا فعلتا فى دقائق المادة على ابعاد غير محسوسة صيرتا بعضها جامدًا و بعضها سائلاً وبعضها غازيًا واذا فعلتا ولا سيما قوة الجذب منهما فى الاجسام (اى مجتمعات دقائق المادة) على كل الابعاد احدثتا ظواهر الحركة والسكون بحسب شرائع ثابتة قد مر الكلام عليها فى باب الجاذبية والحركة والميكانيكيات والسائلات والهوائيات. واذا فعلتا فى الاجسام او فى الدقائق حركتها فتخطر بالاستمرار كما مر فى الرقاص او تهتز اهتزازًا يؤثر فى حواسنا فتشعر بالصوت او النور او الحرارة او الكهربائية كما علمت فى ابوابها

ولما كان فعل القوة فى المادة انما يجرى على طريق معينة هى نواميس التى لا تتغير الا اذا شاء باريها كان حدوث حادث فى عالم الطبيعة اتفاقًا بالا وكانت الصدفة والاتفاق فى التعاليل الفلسفية لغوًا. اما القوة فلا نعلم ماهيتها

ولكنّا نعلم بوجودها من فعلها في المادة ولا استطاعة لنا على خلقها ولا على ملاشاتها.
نعم اننا نتوصل بمعرفة نواميسها الى استخدامها لقضاء اغراضنا ولكن لا نزيد عليها
ولا ينقص منها او نخالفها. فمهما تغيّرت صور الهيولى وتعدّدت مظاهرها فالقوة انما
تنتقل من حال الى حال بين جواهرها فتظهر حرارة وتتقلب كهربائية ثم نوراً او علماً
جوّاً باقية ماهيتها كما هي الى ما شاء باري العالم بالهيولى ومدبر صوره بالقوة. انتهى

ملحق + وضعنا في صدر الكتاب صورة الآلة البخارية العالية الضغط الغالبة
الاستعمال (انظر عدد ٢٧٣) الاسطوانة وب غرفة البخار و س انبوبة البخار
المتصلة بالخلقين ود الوالي الذي يدير المصراع في انبوبة البخار فيخنقها تارةً ويقلّل
مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار ويتركها مفتوحة اخرى فيزيد مقدار البخار
الداخل الى غرفة البخار وبذلك يعدّل حركة الآلة وى دولاب يُلَفّ عليه سير
من الجلد ويدار به الوالي وف الطلمبا وجـ ركبة لجعل الحركة المستقيمة في هذه الآلة
مستديرة وع قضيب يصل بينها وبين قضيب المدك وه قضيب المصراع المزحلق
وبه يتحرك هذا المصراع في غرفة البخار ور مصراع الوالي وص جسر الحركة الذي
تنتقل القوة منه فتحرك الدواليب المتصلة بالآلة البخارية + وكيفية عمل هذه
الآلة ان البخار الداخل الى الاسطوانة ايحرك مدكها بقوة مرونته فيتحرك قضيب المدك
ذهاباً واياباً ويحرك ع ويحرك الركبة جـ فتدور وتدير جسر الحركة ص وهذا
يدير ما يتصل به من الآلات. اما الفراش الكبير المتصل
به فالغرض منه ان يجعل دوران الجسر مستديماً
منتظماً بما يكون له من قوة
الاستمرار

وكان الفراغ من تبييضه في ٢٧ حزيران سنة ١٨٨١